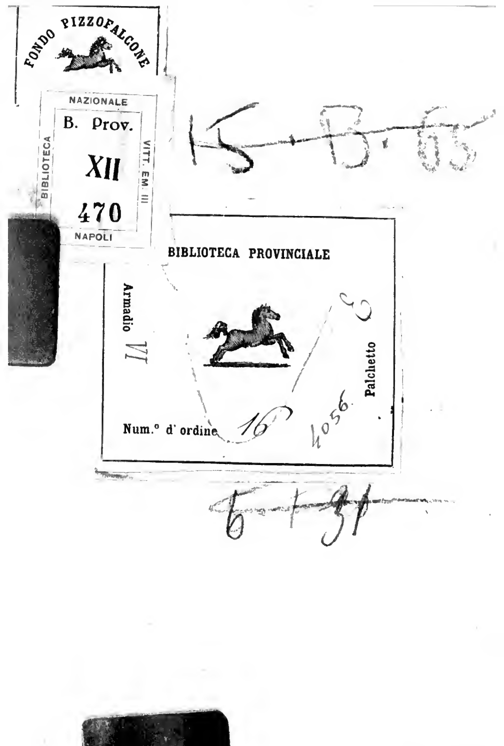




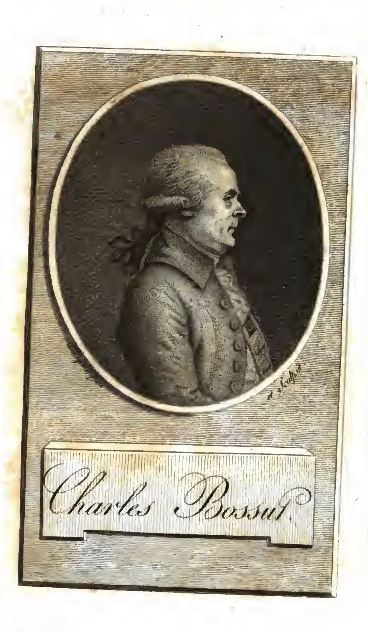
FONDO PIZZOFALCONE
NAZIONALE
B. Prov.
XII
470
NAPOLI
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio VI
Palchetto 5
Num.° d' ordine 16
4056.

HISTOIRE

DES

MATHÉMATIQUES.

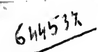
I.


Charles Bossut.

...vois, N. 6.

M. DCCC. X.





HISTOIRE GÉNÉRALE

DES

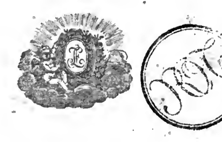
MATHÉMATIQUES,

DEPUIS LEUR ORIGINE JUSQU'A L'ANNÉE 1808.

PAR CHARLES BOSSUT,

MEMBRE DE L'INSTITUT DE FRANCE, DE CELUI DE BOLOGNE; DES ACADÉMIES DE PÉTERSBOURG, DE TURIN; DE LA SOCIÉTÉ PROVINCIALE D'UTRECHT; DE L'ATHÉNÉE DE LYON, ETC.; MEMBRE DE LA LÉGION D'HONNEUR.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez F. LOUIS, Libraire, rue de Savoie, N.° 6.

M. DCCC. X.

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

Caractère des mathématiques.

IL n'est pas nécessaire de relever ici l'excellence des mathématiques. L'avantage qu'elles ont d'être fondées sur des principes toujours certains, toujours évidens; d'offrir à l'esprit humain un immense champ de sublimes recherches; de conduire avec sûreté le voyageur sur la terre, et le navigateur à travers les mers; d'avoir produit tant d'admirables machines utiles à nos besoins ou à nos plaisirs : tout porte en elles un caractère de grandeur qui, en imprimant le respect, excite la curiosité de connaître l'histoire et les auteurs de ces belles découvertes.

En parlant ainsi, je ne crains pas qu'on m'accuse de partialité en leur faveur : il m'a toujours paru que la nature met une sorte d'équilibre entre ses productions, et que les hommes éminens sont à peu près également rares dans tous les genres. Mais, par une suite du même principe, je ne

puis souscrire à l'opinion de ceux qui n'accordent le génie qu'aux facultés de l'imagination, et qui croient qu'avec une intelligence ordinaire et beaucoup de travail on peut s'élever au premier rang dans les sciences. Cette opinion porte sur quelques exemples mal choisis, et dont on a tiré de fausses inductions. Il y a malheureusement dans ces connaissances abstraites et détournées une grande facilité à se faire un nom par le charlatanisme. Un homme doué d'une médiocre sagacité et d'une heureuse mémoire, adroit à fouiller dans les écrits des inventeurs et à y puiser des idées, peut aisément produire des livres hérissés de calculs qui en imposent à la multitude. Mais l'honneur des mathématiques ne réside point dans les savans de cette sorte. Si on veut être équitable, il faut opposer aux grands poëtes, aux grands orateurs, les mathématiciens qui joignent le génie de l'invention aux connaissances acquises. Qu'on mette donc, par exemple, d'un côté de la balance, *Homère*, *Virgile*, *le Tasse*, *Racine*,

Pope, Cicéron, Bossuet; de l'autre, *Archimède, Galilée, Descartes, Huguens, Neuton, Leibnitz, Euler:* alors je doute qu'il soit facile de décider de quel côté elle doit pencher.

Je combattrai encore, ou du moins je tâcherai d'affaiblir un reproche que l'on a fait à des mathématiciens, même à quelques-uns du premier ordre; on les a accusés d'être vains. Sans chercher à excuser cette faiblesse par l'exemple des poëtes et des artistes, chez qui elle est peut-être plus commune; j'avoue qu'elle est très-déplacée dans les sciences où le mérite se pèse, soit par la grandeur des découvertes, soit par leur utilité. Mais pourquoi le monde impose-t-il avec tant de sévérité le devoir de la modestie aux hommes supérieurs, tandis qu'il est quelquefois si indulgent envers les autres? J'en ai cherché la raison, et je crois l'avoir trouvée. La modestie est une espèce d'oubli de soi-même, un aveu tacite d'infériorité, que la médiocrité jalouse et affligée saisit avidement, qu'elle cherche à inter-

prêter dans le sens littéral, et dont même elle se fait souvent une arme pour écarter l'homme de génie, timide, dénué d'appui, et victime de sa candeur. L'expérience prouve qu'il y a plus de danger à se trop rabaisser, que de ridicule à vanter son propre mérite. *Mon ami*, disait un vieux philosophe à un jeune homme qui entrait dans le monde, *évitez tout air de jactance, mais ne vous humiliez pas trop, car ils vous prendront au mot.*

Ajoutons que l'on appelle quelquefois *amour-propre* ce qui n'est qu'une ingénuité estimable dans un savant, presque toujours solitaire, en quelque sorte, au milieu de la société, rendant justice à soi-même comme aux autres, et ignorant ce langage entortillé et faux sous lequel un monde poli a si bien l'art de masquer ses véritables sentimens.

Antiquité des mathématiques.

L'origine des mathématiques se perd dans la plus haute antiquité. Aussitôt que les hommes commencèrent à se réunir en sociétés, et qu'ils eurent fixé leurs possessions réciproques, par des lois ou par des

conventions générales, le besoin et l'intérêt, ces deux grands mobiles de l'industrie humaine, ne tardèrent pas d'inventer les arts de première nécessité. On bâtit des cabanes; on forgea le fer; on apprit à mesurer l'étendue des champs; on observa le cours des astres; on vit que la terre donnait d'elle-même, et dans tous les temps, plusieurs fruits propres à la nourriture des animaux, mais qu'elle en produisait d'autres encore plus utiles et plus abondans, lorsqu'elle était secondée par une culture subordonnée à l'ordre des saisons : de là les semailles et les récoltes. Toutes ces observations, toutes ces pratiques, quoique d'abord très-informes et très-grossières, tenaient aux mathématiques par un lien secret, mais inconnu; elles n'eurent pendant long-temps pour toute règle qu'une routine aveugle. L'assiduité que demandaient la chasse, la pêche, et les différens travaux de la campagne ne permettaient pas aux hommes de s'élever à des idées générales et réfléchies. Le cercle de leurs besoins physiques bornait celui de leurs

pensées. Insensiblement plusieurs d'entr'eux ayant acquis une espèce de superflu, ou par une supériorité d'industrie, ou par l'abondance des récoltes, se livrèrent à l'oisiveté, vers laquelle tous les animaux ont une propension naturelle. Ils crurent trouver le bonheur dans cet état de repos et de paresse : illusion séduisante, dont on est bientôt détrompé, mais à laquelle du moins on dut alors les premiers élans de l'intelligence humaine! Les langueurs de l'inaction, le tourment de l'ennui qui y est attaché, et l'activité du principe pensant que nous portons au dedans de nous-mêmes, vinrent arracher l'homme à une honteuse léthargie, et donner l'impulsion à cet esprit de curiosité qui nous agite sans cesse, et qui a, comme le corps, le besoin impérieux d'être alimenté. Alors l'homme vit avec de nouveaux yeux le magnifique spectacle que la nature offrait de tous côtés à ses sens et à son imagination; il apprit à rapprocher et à comparer les objets; des idées puisées dans le monde physique en furent, pour ainsi dire, dé-

tachées et transportées dans un monde intellectuel. Les arts d'imitation, la poésie, la peinture, l'éloquence se formèrent par degrés; on étudia avec une attention raisonnée les phénomènes de la nature, et on voulut en connaître les causes; la géométrie développa et réduisit en principes les premières notions qu'on avait des propriétés de l'étendue; l'astronomie s'enrichit d'observations régulières, et de plusieurs instrumens destinés à les multiplier et à y mettre une exactitude et une liaison nécessaires; on inventa des machines où une adroite combinaison de roues et de leviers était employée à soulever ou à transporter les plus pesans fardeaux : en un mot, toutes les parties des mathématiques firent des progrès. Ils auraient été plus rapides, plus suivis, si le fanatisme et l'amour effréné de la domination, en ravageant la terre, n'eussent trop souvent obscurci le flambeau du génie pendant de longues suites de siècles. Mais enfin, tel qu'un feu caché sous la cendre, il reprit son éclat dans les temps heureux, et l'édifice des

sciences s'est élevé à la hauteur qu'on admire aujourd'hui. Espérons que la postérité aura la noble ambition d'y ajouter encore, sans être découragée par la crainte de n'en pouvoir peut-être jamais poser le faîte.

Peuples qui les ont cultivées.

L'opinion la plus générale et la mieux prouvée est que les mathématiques ont commencé à prendre un certain corps, presqu'en même temps, chez les premiers Chaldéens et les premiers Egyptiens, c'est-à-dire, chez les deux plus anciens peuples connus.

Chaldéens.

Suivant une tradition constante, les bergers de Chaldée, au milieu de leurs paisibles fonctions, et placés sous le ciel le plus pur, jetèrent les fondemens de l'astronomie. Si leurs observations, trop imparfaites, n'ont pu servir de base à aucune théorie, elles ont du moins donné des indications générales, et épargné quelques fausses tentatives aux premiers astronomes.

Égyptiens.

Les prêtres de l'Egypte, dont les principales fonctions étaient d'étudier et de recueillir les secrets de la nature, étaient de-

venus, pour ainsi dire, les dépositaires et les dispensateurs de toutes les connaissances humaines. On venait les consulter de toutes parts. Ils auraient mérité le respect et la reconnaissance du monde, si contens de l'éclairer, ils n'eussent pas aussi cherché à le tromper quelquefois, et à couvrir sous des voiles sacrés l'orgueilleuse ambition de le gouverner.

Chinois, Indiens.

Tous les peuples civilisés, semblables en cela aux nouveaux nobles, tâchent de reculer leur origine, et d'enfler leurs commencemens. On accuse surtout les Chinois et les Indiens de cette manie patriotique. A les en croire, ils ont précédé, d'un grand nombre de siècles, tous les autres peuples, dans les sciences, les arts, les mathématiques, principalement dans l'astronomie. Sans discuter ici leurs prétentions, ce qu'on fera dans la suite, nous pouvons dire d'avance qu'aujourd'hui ils n'approchent pas des Européens, dans les sciences exactes.

Nous ne connaissons les anciennes mathématiques que par les ouvrages qui nous

Grecs. restent des Grecs. On sait en général que les premiers philosophes de cette nation faisaient presque tous le voyage d'Egypte, pour s'instruire chez les prêtres. On ignore d'ailleurs les fruits qu'ils ont pu retirer de ce commerce. Il y a plus : quelques auteurs ont écrit que Thalès de Milet enseigna aux Egyptiens la manière de mesurer la hauteur des pyramides, par l'étendue de leur ombre : proposition d'une géométrie assez élémentaire. Si ce fait était vrai, il en faudrait conclure que les Egyptiens étaient alors bien peu versés dans cette science; mais il n'est pas vraisemblable, et on est d'autant plus porté a en douter, que tous les monumens des anciennes connaissances des Egyptiens périrent par le feu qui consuma la bibliothéque d'Alexandrie, pendant le séjour que Jules-César fit dans cette ville, après la bataille de Pharsale. Quoi qu'il en soit, si les Grecs ont en effet puisé les premières notions des mathématiques en Egypte, nous avons lieu de penser que les disciples ne tardèrent pas de surpasser leurs maîtres.

Aussitôt que ces sciences commencent à prendre racine dans la Grèce, on les voit marcher d'un pas rapide et ferme; les découvertes se succèdent dans un ordre méthodique et régulier, qui marque le caractère de l'invention. Lorsque Ptolomée-Philadelphe fonda le fameux musée d'Alexandrie, les savans qu'il y attira par ses bienfaits étaient presque tous Grecs d'origine. Ce peuple ingénieux a eu seul, pendant une longue suite de siècles, la gloire d'exceller dans tous les genres, art militaire, poésie, éloquence, peinture, sciences exactes, etc. On venait des pays les plus éloignés étudier ses lois et ses institutions.

Av. J. C. 320.

Tant que la Grèce eut des mœurs, tant que les différens états dont elle était composée demeurèrent unis d'intérêt, elle triompha des plus puissans ennemis extérieurs. Elle se perdit elle-même par les divisions et les guerres sanglantes qui s'élevèrent dans son sein; elle tomba enfin sous le joug que les Romains imposaient à toute la terre; mais, en cédant à la force

de leurs armes, elle a conservé sur eux une grande partie de l'empire du génie.
Romains. En effet, si Virgile, Cicéron, Tite-Live, Salluste, Tacite, ont égalé Homère, Démosthène, Thucydide, Xénophon, il reste deux vastes régions, les beaux-arts et les sciences exactes, où les anciens Grecs sont demeurés les maîtres. L'ambition des Romains, toujours inquiète, toujours renaissante, était d'étendre leur domination au dehors. Un vice intérieur de la république y fit naître l'éloquence et la poésie. Les disputes éternelles entre le sénat et les tribuns du peuple, depuis l'expulsion des rois, jusqu'aux guerres civiles de Marius et de Sylla, aiguisaient les esprits. Aux explosions d'un langage barbare succédèrent des discours où l'art, le génie et le goût parurent avec tous leurs avantages. Le talent de la parole devint même, avec le temps, un moyen d'arriver aux premières places du gouvernement; mais la peinture, la sculpture, les mathématiques, qui ne procuraient pas de semblables honneurs, ne passèrent jamais une certaine

médiocrité. Cependant les sciences dont il est ici question, furent protégées par quelques empereurs romains. Jules-César, instruit dans l'astronomie, favorisait ceux qui la cultivaient. Vitruve écrivit sous Auguste un Traité d'architecture qui contient plusieurs connaissances de mécanique, d'astronomie et d'hydraulique, relatives à cet art. On trouve encore à Rome, depuis Auguste jusqu'à Théodose, quelques mathématiciens distingués par leur savoir; mais on ne cite d'eux aucune découverte.

Le partage que Théodose fit de l'empire entre ses deux fils, Honorius et Arcadius, énerva ce grand corps dans toutes ses parties. L'empire d'occident, attaqué et démembré de tous côtés par les brigands du nord, tomba en peu d'années dans la plus affreuse barbarie. En Orient, les écoles n'étaient presqu'entièrement occupées que de misérables disputes théologiques. Les mathématiques n'avaient d'autre asile que le musée d'Alexandrie; mais dénuées d'appui et d'encouragement,

elles ne pouvaient manquer de dégénérer. Elles conservaient néanmoins toujours, par tradition ou imitation, ce caractère antique et sévère que les premiers Grecs leur avaient imprimé.

Le malheur qui les poursuivait vient encore leur enlever cet asile. Vers le mi-
An 638. lieu du septième siècle, les successeurs de Mahomet, portant dans tout l'Orient le carnage et la dévastation, détruisent le musée d'Alexandrie, livrent aux flammes les livres qui s'y trouvaient, et dispersent ou font mourir les savans et les artistes.

Cependant, quoique cette funeste catastrophe eût rompu la chaîne des mathématiques, il en resta quelques anneaux, que ce même peuple destructeur, amolli par les douceurs de la paix et de l'oisiveté, s'empressa de rassembler et de renouer. En moins de cent ans, on vit les Arabes cultiver l'astronomie, dont ils avaient eu autrefois quelques notions. Ce
Sciences chez les Arabes. goût particulier s'étendit par gradation à toutes les branches des connaissances humaines. Les mathématiques fleurirent,

pendant environ sept cents ans, dans tous les pays soumis à la domination des Arabes, et ensuite des Persans, lorsque ces deux peuples furent réunis. Elles passèrent en Espagne avec les Maures; il en pénétra des rayons en Allemagne, en France, et en Angleterre.

Nouveaux désastres.

Les conquêtes des Turcs, au quinzième siècle, ramènent l'ignorance et la barbarie dans les belles contrées que les Arabes habitaient. A la prise de Constantinople par Mahomet II, une nouvelle persécution s'élève contre tous les hommes studieux : la plupart sont massacrés; quelques-uns meurent de chagrin et de misère; d'autres prennent la fuite, et viennent se réfugier dans les parties occidentales de l'Europe, où ils apportent les débris des connaissances de l'orient. An 1453.

Les belles-lettres et les arts libéraux renaissent d'abord et font des progrès rapides en Italie, par la magnificence de l'illustre maison de Médicis. Les sciences, plus lentes, mais fermes dans leur marche, prennent aussi l'essor, et se répandent de

proche en proche de l'Italie en France, en Allemagne, en Angleterre : partout elles s'enrichissent d'importantes découvertes. L'algèbre, la géométrie et l'astronomie font les premiers et les plus grands pas. On apprend à résoudre en général les équations du troisième et du quatrième degrés; on applique l'algèbre à la géométrie ordinaire, et à la théorie générale des lignes courbes; le système du double mouvement de la terre est inventé ou renouvelé, et presque porté à la démonstration géométrique. Enfin le temps et la succession des connaissances amènent la grande découverte de l'analyse infinitésimale, autrement appelée la méthode *des fluxions*. Alors toutes les parties des mathématiques changent de forme et de direction. Une foule de problèmes, dont les anciennes méthodes ne pouvaient pas donner la solution, ni même faire naître l'idée, sont résolus sans peine par le moyen de la nouvelle analyse, et le progrès des sciences n'a plus de bornes.

Qu'un respect superstitieux pour les

anciens ne nous empêche donc pas de reconnaître que les modernes leur sont très-supérieurs dans les sciences. La perfection dans les lettres et dans les beaux-arts est presqu'entièrement l'effort du génie : le temps n'a d'influence que sur le goût. Aussi tout le monde convient qu'à cet égard les anciens ont excellé à un tel point, qu'on ne peut accorder tout au plus aux modernes que la gloire de les avoir égalés; mais dans les sciences, fruits de l'étude, du raisonnement et de l'expérience, l'avantage est du côté des derniers. Les découvertes des âges s'ajoutent les unes aux autres; elles se propagent par la voie des manuscrits ou de l'impression; et enfin il se forme chez les peuples studieux une masse de lumières à peu près telle que pourrait l'acquérir un homme qui vivrait plusieurs siècles. L'état des sciences, au temps d'Archimède, n'est donc pas comparable à leur état actuel; et si ce grand homme revenait au monde, il serait d'abord obligé d'étudier beaucoup pour se mettre au niveau du savoir de Neu-

ton; mais cette supériorité de connaissances ne touche point la question du génie. Pour établir un juste parallèle entre Archimède et Neuton, il faut y faire entrer les temps où ils ont vécu, peser en conséquence leurs découvertes, et juger, si l'on peut, lequel a le plus de droits à l'admiration de la postérité.

Médiocrité actuelle des mathématiques chez les peuples orientaux

Les hautes mathématiques semblent être concentrées dans l'Europe : les Chinois, les Indiens, et les autres peuples orientaux ne les connaissent pas, ou n'en ont que de faibles notions qu'ils ont puisées dans les livres des Européens; leur savoir, proprement dit, ne s'étend qu'à l'astronomie élémentaire, telle qu'ils l'ont reçue de leurs prédécesseurs.

Histoire des mathématiques.

La plupart des auteurs de mathématiques placent à la tête de chaque traité un précis historique de la science particulière qui en fait l'objet. Il semble donc qu'on pourrait former une histoire des mathématiques, en rassemblant avec soin tous ces précis, sauf à y faire quelques additions, quelques changemens nécessaires pour les

subordonner à un même plan; mais quelque soin qu'on pût apporter à une telle rédaction, on sent qu'elle ne composerait jamais qu'un tout disparate dans le style et dans les proportions des parties.

Montucla est le premier qui ait entrepris d'écrire une histoire complète des mathématiques, suivant un seul et même système qu'il s'est fait. Il en publia en 1758 les deux premiers volumes, qui vont jusqu'au commencement du siècle passé; il les fit réimprimer en 1798, avec des corrections et des additions considérables, mais toujours renfermés dans le même espace de temps. Il s'était proposé de pousser son récit jusqu'au commencement de ce siècle; mais la mort l'ayant enlevé aux sciences en 1799, il n'a pu exécuter ce projet. Ses manuscrits ont été confiés à des amis qui les ont revus et augmentés; d'où est résultée une suite qui aboutit au même terme. Je ne dirai rien de cette suite.

L'ouvrage de Montucla a reçu des savans les justes éloges qu'il mérite par un grand fonds d'érudition mathématique.

Cependant je ne dissimulerai pas qu'il a essuyé plusieurs critiques. On lui reproche de manquer un peu de méthode; le style n'en est pas assez soigné; on y trouve quelques plaisanteries qui, même en les supposant naturelles, détonnent avec la gravité du sujet; on voudrait que l'auteur fût un peu plus entré dans l'esprit des ouvrages qu'il analyse : par exemple, on regrette qu'il n'ait pas fait connaître avec quelque détail celui d'Apollonius sur les sections coniques, objet du plus grand intérêt pour les amateurs de la belle synthèse. Il donne des petits traités sur presque toutes les parties des mathématiques; mais ces traités ne peuvent, ni servir à l'instruction des commençans, parce qu'ils ne sont pas classés dans l'ordre naturel et successif des connaissances élémentaires, ni contenter les lecteurs plus avancés, parce qu'ils sont souvent trop incomplets. On ajoute qu'une histoire des mathématiques n'est pas faite pour les enseigner. Quoi qu'il en soit, Montucla conservera du moins la gloire d'avoir produit un ouvrage

utile, et d'une espèce d'autant plus rare, que les hommes épris de l'amour des sciences, ont ordinairement plus de penchant à les enrichir de leurs propres découvertes, qu'à rapporter celles des autres : on lui doit tenir compte de ce dévouement.

Mon dessein n'est pas de donner dans le même genre une nouvelle histoire des mathématiques. Je veux seulement esquisser un tableau général des progrès qu'elles ont faits depuis leur origine jusqu'à nos jours; honorer la mémoire des grands hommes qui en ont étendu l'empire, et surtout inspirer à la jeunesse le goût et l'étude de ces sublimes connaissances, vraiment dignes d'occuper un être pensant. On voit que ce plan exclut la forme et l'appareil des démonstrations géométriques. Cependant je tâcherai, dans plusieurs cas, d'exposer l'esprit des méthodes avec assez de détail et de clarté, pour que les lecteurs instruits en tirent eux-mêmes les preuves complètes et rigoureuses des propositions que j'énoncerai. Lorsqu'il ne me sera pas possible de les con- Dessein de cet ouvrage.

tenter entièrement à cet égard, je leur indiquerai au moins les sources où ils pourront puiser tous les éclaircissemens nécessaires.

Je remarque quatre âges dans l'histoire des mathématiques. Le premier offre d'abord les faibles lueurs de leur origine; leur marche chancelante pendant quelque temps; leur état brillant chez les Grecs; leur stagnation suivie d'une décadence qui devient presque mortelle, lors de la destruction du musée d'Alexandrie. Dans le second âge, elles sont ranimées par les Arabes qui les font passer dans quelques parties de l'Europe : cet âge dure environ sept cents ans. Un peu après le milieu du quinzième siècle, commence le troisième âge, qui se termine vers la fin du dix-septième siècle. Le quatrième, où nous vivons, se lie au précédent, par la découverte de l'analyse infinitésimale, ou de la méthode des fluxions. Ces quatre âges, ou périodes, vont former la division générale de cet ouvrage.

An de J. C. 638.

Si chaque partie des mathématiques s'é-

tait développée seule et indépendamment des autres, on en pourrait écrire l'histoire facilement et sans interruption; ensuite, par l'assemblage de toutes ces histoires particulières, on aurait celle du tout. J'ai suivi, autant qu'il m'a été possible, cette méthode qui est en effet la plus simple et la plus naturelle; mais on est souvent forcé de s'en écarter. Les différentes branches des mathématiques ont entr'elles des liaisons réciproques, et s'entrelacent, en quelque sorte, les unes avec les autres. Il y a telle proposition de mécanique, qui a donné la naissance à une théorie de géométrie : alors la géométrie et la mécanique se mêlent nécessairement ensemble. D'ailleurs, si l'on voulait suivre constamment les chemins isolés, on trouverait souvent des vides désagréables dans le tableau général, ou une disproportion trop marquée dans les détails : car toutes les sciences ne font pas des progrès égaux et parallèles; les unes demeurent stationnaires, tandis que les autres marchent à grands pas. Mais si l'on est ainsi obligé de former, pour

ainsi dire, des récits *mixtes*, il faut du moins pousser le plus loin que l'on peut la filiation des connaissances dans chaque partie.

Il est inutile de faire ici une autre remarque, qui se présentera assez d'elle-même : on verra bien souvent, dans les anciens temps, que les monumens historiques, nécessaires pour former une narration suivie et complète, sont très-informes et très-défectueux. D'un autre côté, l'austérité de la matière repousse les ornemens et les fictions. Je ne puis donc espérer de l'attention, dans ces endroits stériles, que de la part des lecteurs qui trouvent des pierres précieuses jusque dans les décombres de l'édifice des sciences.

Je finis par deux avertissemens que je dois à la vérité, et pour lesquels je demande un peu d'attention.

Le premier est que si en rendant compte d'un ouvrage, d'un mémoire, je trouve que l'auteur lui-même en a donné un extrait, une idée suffisante, je ne me fais pas scrupule d'employer ses propres expres-

sions; mais comme j'y fais pour l'ordinaire des petits changemens, des suppressions, des transpositions, je ne crois pas devoir surcharger mon texte de guillemets, pour indiquer ces endroits, qui ne sont pas d'ailleurs en fort grand nombre. Je me livre sur cet article à la critique des esprits pointilleux. Les lecteurs, plus favorablement disposés, me pardonneront volontiers ces petits emprunts, qui vaudront toujours mieux que des extraits de mon chef. Du reste, lorsque j'emprunte des passages un peu considérables, je ne manque pas d'en avertir expressément, et je n'épargne point les guillemets, ni les citations.

Mon second avertissement, beaucoup plus important, est que j'ai cherché avec l'attention la plus scrupuleuse à être juste : devoir sacré, dont il n'est jamais permis de s'écarter, même dans les choses les plus indifférentes. En parlant des auteurs vivans, je crois m'être exprimé comme si tous m'étaient personnellement inconnus, ou comme si j'avais pour tous les mêmes

affections. Dans la supposition où j'aurais blessé, quoiqu'involontairement, les droits de quelqu'un, je suis prêt à réparer mes erreurs. Je dois prévenir aussi une objection qu'on me fera sans doute. Il est comme impossible que dans l'immense quantité d'ouvrages qui existent sur les mathématiques, je n'en aie pas oublié plusieurs qui sont très-dignes d'estime; mais en cela je n'aurai fait tort qu'à moi-même : le public, qui les connaît, est le juge et le garant de leur mérite.

FIN DU DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

OBJET

ET

DIVISION DES MATHÉMATIQUES.

L'OBJET des mathématiques est de mesurer la grandeur, ou plutôt de comparer ensemble plusieurs grandeurs de la même espèce, soit immédiatement, soit en les rapportant à une même unité de numération. Elles se divisent en deux classes générales : savoir, les mathématiques *pures*, et les mathématiques *mixtes* autrement appelées *sciences physico-mathématiques*.

Mathématiques pures.

Les mathématiques pures considèrent la grandeur sous un point de vue général, simple et abstrait; et par là, elles ont la prérogative unique d'être fondées sur les notions élémentaires de la quantité. Cette première classe comprend, 1.° l'*arithmétique*, ou l'art de compter; 2.° la *géométrie*, qui apprend à mesurer l'étendue; 3.° l'*analyse*, ou le calcul des grandeurs en général; 4.° la *géométrie mixte*, combinaison de la géométrie ordinaire et de l'analyse.

Mathématiques mixtes.

Les mathématiqnes mixtes empruntent de la physique une ou plusieurs expériences incontestables, ou bien supposent dans les corps une qualité principale et nécessaire; ensuite, par des raisonnemens méthodiques et démonstratifs, elles tirent du principe établi des conclusions évidentes et certaines, comme celles que les mathémati-

ques pures tirent immédiatement des axiomes et des définitions. A cette seconde classe appartiennent, 1.° la *mécanique*, ou la science de l'équilibre et du mouvement des corps solides; 2.° l'*hydrodynamique*, qui considère l'équilibre et le mouvement des corps fluides; 3.° l'*astronomie*, ou la science du mouvement des corps célestes; 4.° l'*optique*, ou la théorie des effets de la lumière; 5.° enfin, l'*acoustique*, ou la théorie du son.

J'ai rangé ici les différentes parties des mathématiques dans l'ordre qui me paraît le plus propre à montrer d'un coup d'œil leur enchaînement réciproque, dans l'état où elles se trouvent aujourd'hui; mais cet ordre n'est pas tout à fait conforme à leur développement réel et historique; ce qui est ici indifférent, ces sortes de classifications étant toujours sujettes à un peu d'arbitraire.

FIN DE LA DIVISION DES MATHÉMATIQUES.

HISTOIRE

DES

MATHÉMATIQUES.

PÉRIODE PREMIÈRE,

Comprenant l'état des Mathématiques, depuis leur origine jusqu'à la destruction de l'école d'Alexandrie.

CHAPITRE PREMIER.

Origine et progrès de l'Arithmétique.

I.

IL n'y a point d'idée plus simple et plus facile à concevoir que celle de *nombre* ou de *multitude*. Aussitôt que l'intelligence d'un enfant commence à se développer, il peut compter ses doigts, les arbres qui l'environnent, et les autres objets placés sous ses yeux. Ces premières opérations se firent d'abord sans ordre, sans méthode, et avec le seul secours de la mémoire ; bientôt on trouva des

moyens pour les étendre, et pour les soumettre à une espèce de forme régulière.

Quelque divers que fussent les objets à compter, comme on y procédait toujours de la même manière, on vit facilement qu'on pouvait faire abstraction de leur nature, et on imagina de les représenter par des symboles généraux, qui prenaient ensuite des valeurs particulières et propres à chaque question qu'il fallait résoudre. On employait, par exemple, à cet effet, des petites boules attachées ensemble comme les grains d'un chapelet, ou comme les nœuds d'une corde; chaque boule désignait une brebis, un arbre, et la collection des boules tout le troupeau, ou tous les arbres.

L'invention de l'écriture fit faire un nouveau pas à l'art de la numération. Sur une table couverte de poussière, on traçait des caractères choisis arbitrairement pour exprimer les nombres, et par là on pouvait exécuter des calculs d'une certaine étendue.

Toutes les nations, si on excepte les anciens Chinois et une peuplade obscure dont Aristote fait mention, ont distribué les nombres en périodes, composées chacune de dix unités. Cet usage ne peut guère s'attribuer qu'à celui où l'on est dans l'enfance de compter par ses doigts, qui sont au nombre de dix, sauf quelques exceptions très-rares. Les anciens se sont également accordés à représenter les nombres par les lettres de leur alphabet; on distin-

guait les différentes périodes de dixaines par des accens, dont on affectait les lettres numérales comme chez les Grecs, ou par différentes combinaisons des lettres numérales comme chez les Romains. Toutes ces notations, et principalement celle des Romains, étaient fort compliquées et fort embarrassantes quand il s'agissait d'exécuter des calculs un peu considérables.

Strabon, qui vivait sous Auguste, raconte dans sa *Géographie*, qu'on attribuait de son temps l'invention de l'arithmétique, comme celle de l'écriture, aux Phéniciens. Cette opinion a pu en effet trouver d'autant plus de facilité à s'établir, que les Phéniciens ayant été les plus anciens commerçans de la terre, ont dû naturellement perfectionner une science dont ils faisaient un usage continuel; mais les principes de l'arithmétique étaient connus des Égyptiens et des Chaldéens bien long-temps avant qu'il fût question des Phéniciens, qui, vraisemblablement, les apprirent des Égyptiens leurs voisins.

II.

Les mathématiques avaient déjà jeté des racines dans la Grèce, lorsque Thalès parut; mais le mouvement qu'il leur imprima est l'époque d'où l'on commence à compter leurs véritables progrès. On ignore si ce philosophe a fait quelques découvertes particulières dans l'arithmétique : son goût le porta An av. J. C. 640.

principalement à l'étude de la géométrie, de la physique et de l'astronomie. Il voyagea long-temps dans l'Égypte et dans l'Inde. Enrichi des connaissances qu'il avait acquises dans les pays étrangers, et qu'il augmenta par ses propres méditations, il revint fonder à Milet, lieu de sa naissance, la célèbre école ionienne, laquelle se partagea en plusieurs branches ou sectes qui embrassaient toutes les parties de la philosophie, et qui se répandirent dans plusieurs villes de la Grèce.

An av. J. C. 590. Quelque temps après, Pythagore de Samos s'illustra par son savoir immense, et par la singularité de ses opinions philosophiques. Jamais homme n'a plus recherché la gloire, ne l'a plus méritée, et ne s'est élevé à une plus haute réputation. Il eut toute l'ambition des conquérans; jaloux d'étendre l'empire des sciences, et non content d'avoir instruit ses compatriotes, il alla fonder, en Italie, une école, qui acquit en peu de temps une telle célébrité, qu'il comptait des princes et des législateurs parmi ses disciples. Presque toutes les parties des mathématiques lui ont d'importantes obligations, comme on le remarquera successivement.

Les combinaisons des nombres furent un des principaux objets de ses recherches; toute l'antiquité atteste qu'il les avait portées au plus haut degré. Il enveloppait sa philosophie d'emblèmes qui, déjà abstraits par eux-mêmes, s'obscurcirent en-

core par la succession des temps, et donnèrent lieu de lui attribuer des systèmes bizarres, qu'on a de la peine à regarder comme les productions d'un aussi grand génie. Selon quelques auteurs, Pythagore est à la tête des inventeurs de l'ancienne cabale : il attachait plusieurs vertus mystérieuses aux nombres; il ne jurait que par le nombre *quatre*, qui était pour lui le nombre par excellence, le nombre des nombres. Il trouvait aussi dans le nombre *trois* plusieurs propriétés merveilleuses : il disait qu'un homme parfaitement instruit dans l'arithmétique posséderait le souverain bonheur, etc. Mais quand on lui aurait entendu avancer de telles propositions, faudrait-il les prendre strictement dans le sens littéral? N'est-il pas plus vraisemblable, ou qu'on a mal rapporté ses paroles, ou qu'elles renfermaient des allégories dont le sens est demeuré inconnu? Cette conjecture paraît d'autant mieux fondée, que, selon d'autres auteurs, Pythagore n'ayant jamais rien écrit sur les différens objets de la philosophie, sa doctrine se conserva, pendant long-temps, seulement dans sa famille et parmi ses disciples; mais que, dans la suite, Platon et d'autres philosophes, d'après une tradition vague et confuse, la développèrent et la corrompirent. Je n'insisterai pas sur cette ténébreuse question, qui ne présente d'ailleurs aujourd'hui aucun intérêt. De toutes les découvertes arithmétiques de Pythagore, vraies ou supposées,

le temps n'a respecté que sa table de multiplication; mais le goût qu'il avait répandu dans son école pour les recherches et les propriétés des nombres, donna la naissance à quelques théories très-ingénieuses : telle est, par exemple, celle des nombres figurés, qui s'est développée par degrés, et dont on a fait dans la suite plusieurs applications utiles.

III.

Il n'est pas possible de suivre pas à pas, dans la nuit des temps, les progrès de l'arithmétique chez les anciens. On juge seulement, par les ouvrages qui nous restent d'eux, qu'elle a dû marcher rapidement, comme étant la clef et la première de toutes les sciences. Outre l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, qui en forment l'objet principal, les anciens possédaient les méthodes pour extraire les racines carrée et cube; ils connaissaient la théorie des proportions et des progressions arithmétiques et géométriques. En général, les combinaisons des nombres et la réduction des rapports aux plus simples formes dont ils sont susceptibles, leur devinrent familières :
An av. J. C. 285. par exemple, le fameux *crible* d'Eratosthène, bibliothécaire du musée d'Alexandrie, présente un moyen facile et commode de trouver les nombres *premiers,* dont la recherche est curieuse en elle-

même, indépendamment de son utilité dans la théorie des fractions.

On sait que, par les nombres premiers, on entend ceux qui n'ont point d'autres diviseurs qu'eux-mêmes et l'unité. Le nombre *deux* est, dans la suite des nombres pairs, le seul nombre premier. Il faut donc chercher tous les autres dans la suite des nombres impairs. Dans cette vue, Eratosthène écrit sur une mince planche, ou sur une feuille de papier bien tendue, la suite des nombres impairs; ensuite il fait sous ces nombres pris de trois en trois, de cinq en cinq, de sept en sept, etc., des trous à la planche ou à la feuille de papier : ce qui forme une espèce de crible, par les trous duquel il suppose que tombent les nombres correspondans; et alors les nombres restans sont des nombres premiers *.

IV.

Diophante, l'un des plus célèbres mathématiciens de l'école d'Alexandrie, fit faire un pas remarquable à l'arithmétique; il inventa l'analyse indéterminée, dont on a fait tant d'applications curieuses ou utiles, soit dans l'arithmétique pure, soit dans l'algèbre et dans la géométrie transcendante.

Environ vers l'an 350. de l'ère chrétienne.

* Qu'on me permette de renvoyer, pour l'explication et l'abrégé d'une semblable méthode, à mon *Traité d'Arithmétique*.

Lorsqu'un problème, traduit en langage arithmétique ou analytique, conduit à une équation qui ne contient qu'une seule inconnue, il s'appelle *problème déterminé;* et les racines de l'équation donnent toutes les solutions qu'elle comporte. Ces sortes de problèmes n'ont, en dernier ressort, d'autres difficultés que celles qui tiennent à la résolution des équations. Mais si un problème contient plus d'inconnues que de conditions à exprimer, il est *indéterminé,* et alors on ne peut parvenir à trouver toutes les inconnues, qu'en donnant à quelques-unes d'entr'elles des valeurs déterminées, prises arbitrairement, ou assujéties à des restrictions particulières; ce qui fait deux cas très-distincts. Dans le premier, c'est-à-dire, lorsque les valeurs sont prises arbitrairement, la solution est facile, et ne demande d'autre précaution que d'éviter les valeurs qui mèneraient à des résultats absurdes; mais dans le second, le choix de quelques inconnues forme lui-même un problème indéterminé, qui ne peut être résolu que par un art particulier. C'est dans cet art que Diophante montre une sagacité vraiment originale. Qu'on propose, par exemple, les questions suivantes : *Partager un nombre carré en deux autres nombres carrés; trouver deux nombres dont la somme soit en raison donnée avec la somme de leurs carrés; former deux nombres carrés dont la différence soit un carré;* rien n'est

plus facile à résoudre que ces questions, si l'on permet d'employer des nombres quelconques; mais si l'on impose la condition que les nombres cherchés seront rationnels; si l'on veut aussi exclure les nombres fractionnaires : alors la solution demande de l'adresse. Diophante a trouvé la manière de soumettre toutes les questions de cette nature à des règles certaines et exemptes de toute espèce de tâtonnement. Ses méthodes ont un rapport évident avec celles que nous employons aujourd'hui pour résoudre les équations des deux premiers degrés; et de là quelques auteurs ont pris occasion de lui attribuer l'invention de l'algèbre. Il avait écrit treize livres d'arithmétique : les six premiers sont arrivés jusqu'à nous; tous les autres sont perdus, si, néanmoins, un septième, qu'on trouve dans quelques éditions de Diophante, n'est pas de lui. Ce septième livre contient de savantes recherches sur les propriétés des nombres figurés.

V.

L'auteur a eu, parmi les anciens, une foule d'interprètes, dont les ouvrages sont la plupart perdus. Nous regrettons dans ce nombre le commentaire de la célèbre Hipathia. Les talens, les vertus et les malheurs de cette illustre victime du fanatisme, ont droit aux hommages de la postérité, et nous ne pouvons nous dispenser de lui payer ce tribut. An de J. C. 415.

Le philosophe Théon, son père, avait pris un tel soin de l'instruire, et elle fit en peu de temps de si grands progrès, qu'elle fut choisie très-jeune encore pour enseigner les mathématiques dans l'école d'Alexandrie. Tous les historiens s'accordent à dire qu'aux grâces de la figure Hipathia joignait une rare modestie, des mœurs pures et une prudence consommée. Ces avantages lui donnèrent une grande considération à Alexandrie, et surtout auprès d'Oreste, gouverneur de cette ville. De misérables disputes de théologie ayant allumé une sanglante discorde entre Oreste et *saint* Cyrille, les moines du parti de *saint* Cyrille excitèrent le peuple à massacrer Hipathia, en la représentant comme l'auteur des troubles, par les conseils qu'elle donnait au gouverneur. *Cette action,* dit l'historien Socrate, *attira un grand reproche à Cyrille et à l'église d'Alexandrie; car ces violences sont tout à fait éloignées du christianisme.* Fleury, homme juste et modéré, mais peut-être trop attaché au dogme de l'intolérance religieuse, ne peint pas avec assez d'énergie toute l'horreur que ce crime abominable devait lui inspirer.

Hist. ecclés. tom. V, in-12, p. 414.

CHAPITRE II.

Origine et progrès de la Géométrie.

I.

On donne différentes origines plus ou moins anciennes à la géométrie. La plupart des auteurs la font naître en Egypte. Tel est, par exemple, Hérodote, le premier qui ait commencé à écrire l'histoire en prose; car, dans la plus haute antiquité, la mémoire des principaux événemens passés ne se conservait, tronquée ou affaiblie, que dans quelques chansons d'une poésie grossière; ensuite, elle prit place et se confondit avec les fictions, dans les poëmes d'Hésiode et d'Homère, où tout était sacrifié à l'embellissement du sujet. Ecoutons le récit que fait Hérodote de ce qu'il avait appris lui-même à Thêbes et à Memphis, sur la question dont il s'agit, An av. J. C 450.

« On m'assura, dit-il, que Sésostris avait partagé l'Egypte entre tous ses sujets, et qu'il avait » donné à chacun une égale portion de terre en » carré, à la charge de payer par an un tribut » proportionné. Si la portion de quelqu'un était » diminuée par la rivière, il allait trouver le roi, et » lui exposait ce qui était arrivé dans sa terre. Alors » le roi envoyait sur les lieux, et faisait mesurer Hérod. liv. II.

» l'héritage, afin de savoir de combien il était diminué, et de ne faire payer de tribut que selon ce » qui était resté de terre. Je crois, ajoute Hérodote, que ce fut de là que la géométrie prit naissance, et qu'elle passa chez les Grecs ».

Il y a, comme on voit, dans ce passage, deux objets distincts; le récit d'une vérification dépendante de la géométrie, et l'opinion particulière d'Hérodote sur l'origine de cette science. Si, comme le supposent plusieurs chronologistes, Sésostris est le même que le roi Sésac, qui fit la guerre à Roboam, fils de Salomon, il résulterait de l'opinion d'Hérodote que la naissance de la géométrie n'a précédé l'ère chrétienne que d'environ mille ans; mais elle peut remonter beaucoup plus haut, car la mesure des champs, ordonnée par Sésostris, non-seulement ne fixe pas, d'une manière précise, l'origine de la géométrie, mais elle semble même indiquer que cette science avait déjà fait quelques progrès.

Si on voulait se livrer à des conjectures frivoles, on ferait remonter l'origine de la géométrie jusqu'à l'invention de la règle, du compas et de l'équerre, puisqu'elle fait le plus grand usage de ces instrumens dans la pratique; mais cette même raison d'utilité doit faire penser qu'ils ont été trouvés dès l'origine des sociétés, par le simple besoin, et sans le secours d'aucune théorie, lorsqu'on voulut

construire des cabanes ou des maisons. En nous bornant à commencer cet abrégé historique de la géométrie au temps où elle prend, du moins pour nous, le caractère d'une véritable science, nous nous transportons tout de suite dans la Grèce, au siècle de Thalès.

II.

Soit que ce philosophe ait appris des Egyptiens, ou qu'il leur ait lui-même enseigné la méthode de mesurer la hauteur des pyramides de Memphis par l'étendue de leurs ombres, on voit qu'il était versé dans la théorie et la pratique de la géométrie. Tous les anciens auteurs nous le représentent en effet comme un géomètre fort savant; on lui attribue le premier usage de la circonférence du cercle pour la mesure des angles. Sans doute il avait fait plusieurs autres découvertes géométriques, aujourd'hui perdues ou confondues parmi celles qui ont été recueillies et transmises à la postérité par les auteurs élémentaires. Il réunissait un très-grand nombre de connaissances dans toutes les parties des mathématiques et de la physique, comme nous l'avons déjà remarqué. Nous le verrons reparaître avec éclat dans l'astronomie. An av. J. C. 640.

Le nom de Pythagore est immortel dans les annales de la géométrie, par la découverte qu'il fit de l'égalité du carré de l'hypothénuse, dans le triangle rectangle, avec la somme des carrés des deux An av. J. C. 590.

autres côtés. Quelques auteurs racontent que, transporté de joie et de reconnaissance envers les dieux de l'avoir si bien inspiré, il leur sacrifia cent bœufs; mais on a de la peine à concilier cette hécatombe avec la fortune bornée du philosophe, et plus encore avec ses opinions religieuses sur la transmigration des âmes. Quoi qu'il en soit, jamais enthousiasme ne fut mieux fondé. La proposition de Pythagore tient un premier rang parmi les vérités géométriques, tant par la singularité du résultat, que par la multitude et l'importance de ses applications dans toutes les parties des mathématiques. L'auteur en tira d'abord lui-même cette conséquence, que la diagonale du carré est incommensurable avec le côté : elle fit également découvrir plusieurs propriétés générales des lignes ou des nombres incommensurables.

III.

Dans cette longue chaîne de philosophes grecs, qui s'étend depuis Thalès et Pythagore jusqu'à la destruction de l'école d'Alexandrie, il n'y en a presqu'aucun qui n'ait cultivé les mathématiques. L'astronomie est, en général, la science qui les a le plus occupés; mais les plus célèbres d'entr'eux se sont appliqués à la géométrie, comme à la science principale, sans laquelle toutes les autres demeureraient sans vie et sans mouvement. Les propositions qui forment le corps de ce que nous appelons

aujourd'hui la *géométrie élémentaire*, sont, presque toutes, de l'inveution des philosophes grecs.

Un des plus anciens de ces géomètres, qu'on cite après Thalès et Pythagore, est Œnopide de Chio, auteur de quelques problèmes fort simples, An av. J. C. 480. comme d'abaisser d'un point donné une perpendiculaire sur une ligne, de faire un angle égal à un autre, de diviser un angle en deux parties égales, etc. Zenodore, son contemporain, et le premier des anciens dont il nous reste un écrit géométrique, conservé par Théon, dans son commentaire sur Ptolemée *, s'éleva plus haut : il fit voir la fausseté du préjugé où l'on était alors, que les figures de contours égaux devaient avoir des surfaces égales. Cette démonstration n'était pas facile à trouver, et elle prouve que la géométrie faisait dès lors des progrès marqués. L'ingénieuse théorie des corps réguliers prit naissance, vers le même temps, dans l'école pythagoricienne.

Hippocrate de Chio se distingua par la quadrature des fameuses *lunules* du cercle, qui portent son nom. Ayant décrit sur les trois côtés d'un An av. J. C. 450. triangle rectangle isocèle, comme diamètres, trois demi-cercles placés dans le même sens, il observa que la somme des deux lunules égales, comprises entre les deux quarts de circonférences, corres-

* J'écris *Ptolemée* suivant l'usage le plus ordinaire ; plusieurs auteurs écrivent *Ptolomée*.

pondans à l'hypothénuse, et les demi-circonférences correspondantes aux deux autres côtés du triangle, était égale en surface à ce triangle : premier exemple d'un espace curviligne démontré égal à un espace rectiligne, imité pour d'autres quadratures plus recherchées et plus difficiles, à mesure que la géométrie s'est perfectionnée.

Les connaissances d'Hippocrate de Chio en géométrie étaient fort étendues. Il avait écrit des élémens de géométrie estimés dans son temps, mais que d'autres ouvrages du même genre, et en particulier ceux d'Euclide, ont fait perdre et oublier. Il parut avec honneur dans la lice des géomètres qui tentèrent de résoudre le fameux problème de la duplication du cube, dont on commença dès-lors à s'occuper avec ardeur.

IV.

Problème de la duplication du cube.

On sait que ce problème avait pour objet de construire un cube double d'un cube donné, non pas en côté, ce qui ne pouvait pas faire une question; ni même en surface, ce qui était déjà facile par la géométrie de ce temps-là; mais en solidité ou en poids, en supposant que les deux cubes fussent faits avec une même matière homogène. Il fallait le résoudre sans employer d'autres instrumens que la règle et le compas; car, dans l'ancienne géométrie, on ne regardait comme *géométriques*

que les opérations exécutées avec ces deux instrumens : celles qui en demandaient d'autres étaient appelées *mécaniques*.

Suivant une ancienne tradition répandue dans la Grèce, un malheur public, où la religion était intéressée, donna naissance à cette recherche. On disait qu'Apollon, pour se venger d'une offense qu'il avait reçue des Athéniens, ayant suscité parmi eux une horrible peste, l'oracle du temple de Délos, consulté sur les moyens d'appaiser sa colère, répondit : *Doublez l'autel.* L'oracle désignait ainsi un autel de forme exactement cubique, qu'Apollon avait dans Athènes. Aussitôt le problème est proposé à tous les géomètres de la Grèce. Les prêtres, qui ne s'oublient jamais, y ajoutaient une condition qu'ils présentaient comme un devoir religieux, mais qui, heureusement, n'en augmentait pas les difficultés géométriques : ils demandaient que la matière du nouvel autel fût de l'or. La question parut d'abord facile ; mais on fut bientôt détrompé, et toute la sagacité des géomètres grecs vint se briser contre cet écueil.

En tournant le problème sur toutes les faces, on s'aperçut, et cette découverte est attribuée à Hippocrate de Chio, que si l'on pouvait insérer deux lignes moyennes proportionnelles géométriques entre le côté du cube donné et le double de ce côté, la première de ces deux lignes serait le côté du

cube cherché. Ce nouveau point de vue fit renaître un moment l'espérance d'achever la solution par la règle et le compas; mais la difficulté n'était que déguisée; elle n'avait fait que changer de forme : on ne put donc la surmonter, et les géomètres, déjà un peu fatigués des tourmens que ce problème leur avait causés, le laissèrent dormir pendant quelque temps.

V.

An av. J. C. 390. Cependant la géométrie cheminait toujours. Platon la cultiva avec soin, et s'y rendit très-profond. Nous n'avons, à la vérité, aucun ouvrage exprès de lui sur cette science; mais on voit, par divers traits répandus dans ses autres écrits, qu'il la possédait; et les anciens historiens nous ont transmis les résultats de plusieurs découvertes dont il l'a enrichie. Il la mettait au premier rang des connaissances humaines, et il en faisait le principal objet des instructions qu'il donnait à ses disciples; il avait écrit sur la porte de son école : *Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre*. Le problème de la duplication du cube ne pouvait manquer d'attirer son attention. Ayant tenté vainement de le résoudre avec la règle et le compas, il inventa, pour trouver les deux moyennes proportionnelles, un instrument composé de deux règles, dont l'une s'éloigne parallèlement de l'autre, en coulant entre les rainures de deux montans perpendiculaires à la

première ; mais cette solution était du genre mécanique : elle ne satisfaisait pas au vœu des géomètres.

Il fut plus heureux dans une autre spéculation d'une espèce absolument nouvelle. Avant lui, le cercle était la seule courbe que la géométrie considérait : il y introduisit la théorie des sections coniques, ou de ces fameuses courbes qui se forment sur la surface d'un cône coupé en différens sens par des plans. En examinant attentivement la génération de ces courbes, il en découvrit plusieurs propriétés. Ces premières notions, répandues dans son école, y germèrent avec rapidité. Ses principaux disciples ou amis, Aristée, Eudoxe, Ménechme, Dinostrate, etc., pénétrèrent très-avant dans cette branche de la géométrie. Bientôt elle s'étendit au point de former une classe à part, d'un ordre plus élevé que la géométrie ordinaire ; on l'appela en conséqueuce la *géométrie transcendante* : on comprit dans la suite, sous la même dénomination, quelques autres courbes anciennes, que j'aurai occasion de faire connaître.

VI.

Aristée avait composé, sur les sections coniques, cinq livres, dont les anciens ont parlé avec les plus grands éloges ; malheureusement ils ne sont pas arrivés jusqu'à nous. Il nous reste de An av. J. C. 380.

Ménechme applique la théorie des sections coniques au problème de la duplication du cube.

Ménechme deux savantes applications de la même théorie au problème de la duplication du cube. Les propriétés des sections coniques et celles des progressions géométriques, lui firent remarquer qu'en construisant, d'après les conditions du problème, deux sections coniques qui se coupassent, les deux ordonnées correspondantes au point d'intersection pourraient représenter les deux moyennes proportionnelles. De là il parvint à deux solutions : dans la première, Ménechme construit deux paraboles qui ont un sommet commun, leurs axes perpendiculaires entr'eux, et pour paramètres respectifs le côté du cube donné, et le double de ce côté : alors, les deux ordonnées tirées au point d'intersection des deux courbes, sont les deux moyennes proportionnelles cherchées. La seconde solution procède par l'intersection d'une parabole et d'une hyperbole équilatère entre ses asymptotes : la parabole a pour paramètre le côté du cube donné, ou le double de ce côté ; son sommet est le centre, et son axe est l'une des asymptotes de l'hyperbole équilatère ; la puissance de l'hyperbole est le produit du côté du cube donné, par le double de ce côté. Enfin, les ordonnées des deux courbes, menées au point d'intersection, sont les deux moyennes proportionnelles demandées. Les lecteurs un peu versés dans la géométrie trouveront sans peine les démonstrations de ces théorèmes.

On voit par là que, si l'on possédait le moyen de décrire les sections coniques d'un mouvement continu, et d'une manière aussi simple qu'on trace le cercle avec le compas, les solutions de Ménechme auraient tout l'avantage des constructions géométriques, dans le sens que les anciens attachaient à ce mot; mais il n'existe aucun instrument pour décrire ainsi les sections coniques. Ces solutions ne remplissent donc pas, dans la pratique, l'objet désiré; mais elles sont parfaites dans la théorie, et doivent être regardées comme un effort de génie et d'invention. On a trouvé dans la suite qu'on pouvait arriver au même but par l'intersection d'un cercle et d'une parabole; simplification facile du problème, qui n'ôte rien à la gloire de Ménechme.

La découverte de Ménechme conduit aux lieux géométriques.

Cette découverte est d'autant plus remarquable, qu'elle a été la source de la célèbre théorie des *lieux géométriques*, dont les géomètres anciens et modernes ont fait tant d'importantes applications. Ajoutons que la méthode de Ménechme renferme aussi le germe de l'analyse géométrique, ou de cet art par lequel, en regardant un problème comme résolu, et traitant indifféremment les quantités inconnues comme les quantités connues, on parvient de raisonnement en raisonnement, de conséquence en conséquence, à une expression qui est, pour ainsi dire, la traduction géométrique de toutes les conditions du problème. Cet art n'est point l'algè-

bre; mais l'algèbre lui prête de puissans secours; et à cet égard les modernes ont un grand avantage sur les anciens, quoique ceux-ci fussent versés dans l'analyse géométrique depuis les solutions de Ménechme.

VII.

Problème de la trisection de l'angle.

Le problème de la trisection de l'angle, qui est de même nature que celui de la duplication du cube, fut également agité dans l'école de Platon. Sans pouvoir parvenir à le résoudre en général par la règle et le compas, on le réduisit du moins à une proposition très-simple et très-curieuse : elle consiste à mener d'un point donné sur une demi-circonférence de cercle, une ligne droite qui aille couper la demi-circonférence et le prolongement du diamètre qui lui sert de base, de manière que la partie de cette ligne, comprise entre les deux points d'intersection, soit égale au rayon : résultat qui donne lieu à diverses constructions faciles. On applique aussi à ce problème les intersections des sections coniques, comme Ménechme l'avait fait pour celui de la duplication du cube.

Suivant les méthodes modernes, ces deux problèmes conduisent l'un et l'autre à des équations du troisième degré, avec cette différence que l'équation relative à la duplication du cube n'a qu'une seule racine réelle, et que celle de la trisection de l'angle a ses trois racines réelles.

VIII.

La plupart des anciens géomètres étaient tellement préoccupés de l'espérance de résoudre ces problèmes par la règle et le compas, qu'ils ne pouvaient se déterminer à y renoncer. Ils firent à ce sujet une foule de tentatives infructueuses. Cet acharnement devint une espèce de maladie épidémique, qui s'est transmise de siècle en siècle jusqu'à nos jours : elle devait cesser, et elle cessa en effet pour ceux qui suivirent le progrès des mathématiques, lorsque, dans les temps modernes, on commença d'appliquer l'algèbre à la géométrie. Aujourd'hui, le mal est incurable pour ceux qui attaquent ces questions avec les armes des anciens, parce que, n'étant pas au courant des sciences actuelles, il n'existe aucun moyen de les guérir.

Quoique les anciens géomètres dont je viens de parler, n'aient pas atteint leur but principal, leurs recherches ont été utiles à d'autres égards : elles ont valu à la géométrie de nouvelles théories, et plusieurs instrumens ingénieux pour résoudre les deux problèmes dont il s'agit, d'une manière approchée et plus que suffisante dans la pratique. La plupart de ces méthodes sont perdues. Nous avons celles de quatre illustres géomètres, Dinostrate, Nicomède, Pappus et Dioclès, qui méritent qu'on en fasse une mention honorable. Le premier était

de l'école de Platon, contemporain de Ménechme, dont on croit même qu'il était frère; les trois autres ont fleuri dans l'école d'Alexandrie.

Quadratrice de Dinostrate.

Dinostrate imagina une courbe qui aurait eu le double avantage de donner la trisection ou la multiplication de l'angle, et la quadrature du cercle (d'où lui est venu le nom de *quadratrice*), si on eût pu la décrire d'un mouvement continu par la règle et le compas. Elle se forme par l'intersection des rayons d'un quart de cercle, avec une règle qu'on fait mouvoir uniformément et parallèlement à l'un des rayons extrêmes du quart de cercle; mais elle est du nombre des courbes *mécaniques*, et ne remplit en rigueur ni l'un ni l'autre des objets auxquels elle était destinée.

An av. J. C. 280.

Conchoïde de Nicomède.

La conchoïde de Nicomède est une courbe géométrique qui s'applique également aux deux problèmes : elle se construit, en général, en fixant une règle sur une table, et faisant tourner autour d'un point fixe de cette table, une autre règle qui porte deux styles, qu'on tient toujours également éloignés l'un de l'autre : le premier style parcourt la règle fixe ; le second décrit la courbe. Ce mécanisme est susceptible de plusieurs variétés. La position de l'axe polaire et la distance des deux styles mobiles, se déterminent d'après les conditions de celui des deux problèmes qu'on veut résoudre. Newton, dans un appendix à son *arithmétique universelle*, fait

le plus grand éloge de l'invention de Nicomède; il en préfère l'usage pour la construction géométrique des équations déterminées du troisième et du quatrième degrés, aux moyens tirés des intersections des sections coniques.

Pappus, dans ses *Collections mathématiques,* propose une méthode ingénieuse pour trouver les deux moyennes proportionnelles dans le problème de la duplication, ou en général de la multiplication du cube. Des deux lignes extrêmes, il forme les deux côtés d'un triangle rectangle; du sommet de l'angle droit, avec le plus grand côté pour rayon, il décrit un demi-cercle qui a conséquemment pour diamètre le double de ce côté; il mène des deux extrémités du diamètre deux lignes droites indéfinies, dont l'une a même direction que l'hypothénuse; l'autre va couper celle-là prolongée, le plus petit côté du triangle, aussi prolongé, et la demi-circonférence: il fait en sorte que de ces trois points d'intersection, celui du milieu soit placé à égale distance des deux autres. Alors, la distance de ce même point moyen au centre, est la plus grande des deux moyennes proportionnelles demandées.

An de J. C. 450.

Lib. 8. pro. 11.

On voit que cette méthode suppose un tâtonnement sujet à quelqu'incertitude. Dioclès la perfectionna au moyen de la courbe *cissoïde,* qui porte son nom. Cette courbe se construit en dé-

An de J. C. 460.

Cissoïde de Dioclès.

crivant un demi-cercle sur le double de la plus grande ligne extrême, comme diamètre; élevant à l'une des extrémités du diamètre une perpendiculaire indéfinie qui sert de directrice; menant de l'autre extrémité une infinité de lignes transversales qui vont couper la demi-circonférence et la directrice, et prenant sur chaque transversale un point tel que sa distance à l'origine soit égale à la partie comprise entre la demi-circonférence et la directrice : la suite de ces points forme la cissoïde. Ensuite on construit le triangle rectangle de Pappus, et la cissoïde va couper le prolongement de l'hypothénuse en un point par où doit passer la transversale qui détermine, sur le prolongement du plus petit côté du triangle, le point moyen de Pappus.

Je reviens sur mes pas, et je reprends le précis historique de la géométrie, un peu après Platon.

IX.

A mesure que cette science s'enrichissait, on voyait paraître de temps en temps des traités particuliers, dans lesquels toutes les propositions connues étaient rassemblées et rangées suivant un ordre méthodique. Tel est l'objet qu'Euclide, géomètre de l'école d'Alexandrie, s'est proposé dans ses fameux *Elémens*. Cet ouvrage, tel que l'auteur l'a laissé, est divisé en treize livres, dont les six premiers, l'onzième, le douzième et le trei-

Elémens d'Euclide.

An av. J. C. 300.

zième appartiennent à la géométrie; les quatre autres traitent des proportions en général, et des principaux caractères des nombres commensurables, et des nombres incommensurables. Les commentateurs y ont joint deux autres livres dont je ne parle pas. Quoique la théorie des sections coniques fût déjà avancée au temps où Euclide a écrit ses *Elémens,* il n'en a rien dit, n'ayant alors pour but que la géométrie élémentaire; mais on voit par ses *data,* et par quelques fragmens d'autres ouvrages, qu'il était très-versé dans cette théorie.

Jamais livre de science n'a eu un succès comparable à celui des Élémens d'Euclide. Ils ont été enseignés exclusivement, pendant plusieurs siècles, dans toutes les écoles de mathématiques, traduits et commentés dans toutes les langues : preuve certaine de leur excellence.

Rigueur scrupuleuse des anciens dans leurs démonstrations.

Les anciens géomètres s'attachaient à mettre toute la rigueur possible dans leurs démonstrations. D'un petit nombre d'axiomes ou de propositions évidentes par elles-mêmes, ils déduisaient, d'une manière incontestable, la vérité des propositions secondaires qu'ils voulaient établir, sans se permettre aucune de ces suppositions un peu libres que les modernes emploient quelquefois pour simplifier les raisonnemens et les conséquences. Un de leurs grands principes était la réduction à l'absurde : ils concluaient que deux rapports devaient

être égaux, quand ils avaient prouvé que de la non égalité il résulterait que l'un serait tout à la fois plus grand et plus petit que l'autre ; ce qui implique contradiction. Par exemple, fallait-il démontrer que les circonférences de deux cercles sont comme les diamètres ? Ils auraient cru pécher contre la rigueur géométrique, si, après avoir prouvé que les contours de deux polygones réguliers semblables, inscrits dans les deux cercles, sont toujours comme les diamètres, en quelque nombre que soient les côtés des polygones, ils avaient fini par confondre les circonférences et les contours des deux polygones, et par conséquent aussi les deux rapports, en multipliant à l'infini le nombre des côtés des deux polygones. Leur marche était plus serrée. Ils commençaient par établir qu'en soudivisant continuellement en deux parties égales chacun des arcs soutenus par les côtés des polygones, les contours des nouveaux polygones, toujours proportionnels aux diamètres, approchaient continuellement des circonférences jusqu'à n'en différer enfin que de quantités inassignables : ensuite ils faisaient voir qu'on ne pouvait pas supposer, sans tomber dans des absurdités, que le rapport des deux circonférences fût plus grand ou plus petit que celui des contours des deux derniers polygones rectilignes, ou des

diamètres ; d'où ils concluaient que ces deux rapports étaient les mêmes.

Euclide, dans ses Elémens, s'est conformé à cette méthode rigoureuse, consacrée par l'assentiment unanime des anciens géomètres. Mais par là même, ses démonstrations sont quelquefois longues, indirectes, compliquées, et les commençans ont de la peine à les suivre. C'est ce qui a déterminé plusieurs modernes, dans les éditions qu'ils ont données des Elémens d'Euclide, à employer des démonstrations plus simples et plus faciles que celles de l'auteur. D'autres se sont entièrement écartés de sa méthode. Peut-être faut-il attribuer aux détours et aux longueurs qu'elle entraîne, les difficultés que Ptolomée Philadelphe, roi d'Egypte, d'ailleurs homme d'esprit, éprouvait dans l'étude des mathématiques. Fatigué par l'extrême attention qu'il fallait y donner, il demanda un jour à Euclide s'il ne pouvait pas applanir la route en sa faveur ; le géomètre philosophe répondit ingénument : *Non, prince ; il n'y a point de chemin particulier pour les rois.*

On trouve dans les Elémens d'Euclide tous les principes nécessaires pour déterminer les contours et les surfaces des polygones rectilignes, les surfaces et les solidités des polyèdres terminés par des faces planes rectilignes : il y manque la méthode pour mesurer la circonférence du cercle, quoique

l'auteur soit entré d'ailleurs dans plusieurs détails sur les propriétés de cette courbe, et sur ses divers usages pour la détermination et la comparaison des angles. Il démontre, à la vérité, que les circonférences de deux cercles sont comme les diamètres; que les surfaces sont comme les carrés des diamètres; qu'un cylindre est égal au produit de sa base et de sa hauteur; qu'un cône est le tiers du cylindre de même base et de même hauteur : mais toutes ces propositions sont incomplètes, ou demeurent stériles, tant qu'on ne connaît pas la longueur de la circonférence du cercle, relativement au diamètre ou au rayon. Cette connaissance, si on la possédait, ferait trouver la surface du cercle, ou, en d'autres termes, sa *quadrature*. En effet, on voit, par Euclide même, qu'en inscrivant dans un cercle des polygones réguliers dont le nombre des côtés aille continuellement en augmentant jusqu'à l'infini, la surface du cercle est égale à celle d'un triangle qui aurait pour base la circonférence développée en ligne droite, et pour hauteur le rayon; d'où il suit qu'on aurait un carré égal en surface au cercle, en prenant une moyenne proportionnelle géométrique entre la circonférence et la moitié du rayon; mais Euclide n'a pas donné ce supplément nécessaire.

Problème de la quadrature du cercle.

X.

Archimède, le plus grand géomètre de l'antiquité, est le premier qui ait découvert le rapport de la circonférence au diamètre, non pas dans la rigueur géométrique, mais par une méthode d'approximation admirable dans son espèce, source et modèle de toutes les quadratures approchées des espaces curvilignes, lorsqu'on manque de moyens pour les déterminer exactement et sans rien négliger. An av. J. C. 250.

Ayant reconnu que, si l'on inscrit et circonscrit au cercle deux polygones réguliers d'un même nombre de côtés, qui aille continuellement en augmentant, la circonférence du cercle est placée entre leurs contours, plus grande que l'un, moins grande que l'autre, et qu'enfin la différence peut devenir moindre que toute quantité assignable : il supposa que les deux premiers polygones avaient chacun six côtés, les deux suivans chacun douze, et continuant ainsi la progression double jusqu'au nombre quatre-vingt-seize, il vit, à ce terme auquel il s'arrêta, que les contours des deux polygones approchaient fort de l'égalité. Il prit, en conséquence, la moyenne arithmétique entr'eux pour la valeur approchée de la circonférence; et la conclusion de son calcul fut qu'en représentant le diamètre par le nombre 7, la circonférence

est comprise entre les deux nombres 21 et 22, beaucoup plus voisine du second que du premier. La même méthode poussée plus loin, fait trouver le rapport du diamètre à la circonférence plus exactement; mais celui de 7 à 22 est suffisant dans les problèmes de pratique qui ne demandent pas une très-grande précision.

On a fait, depuis Archimède, une foule de tentatives inutiles, pour assigner le rapport rigoureux du diamètre à la circonférence. Les vrais géomètres regardent ce problème, sinon comme absolument insoluble en lui-même, au moins comme tel par les moyens que la géométrie peut offrir dans son état présent. Si on a pu concevoir un moment l'espérance de le résoudre, c'est à la naissance de l'analyse infinitésimale; car cette méthode a rectifié et carré des courbes où l'ancienne géométrie avait échoué; mais le cercle lui a résisté, et il n'y a plus aujourd'hui que les commençans, ou même des gens absolument étrangers à la géométrie, qui cherchent la quadrature absolue et rigoureuse du cercle.

Les nombreuses découvertes dont Archimède a enrichi les mathématiques, l'ont placé dans le petit nombre de ces hommes rares et inventeurs qui donnent de temps en temps une grande impulsion à toute la masse des sciences. Outre l'écrit *de dimensione circuli*, dont je viens de donner

le précis, nous avons ses traités *de Sphœrâ et Cylindro ; de Conoïdibus et Sphœroïdibus ; de Spiralibus et Helicibus ; de Quadraturâ parabolæ ; de Æquiponderantibus ; de Humido insidentibus*, etc., dans lesquels on admire la puissance de son génie. Les titres de ces différens ouvrages en font assez connaître les sujets. Je n'en donnerai pas ici l'analyse ; je me contenterai d'en rapporter quelques résultats principaux.

Dans le traité de *Sphœrâ et Cylindro*, Archimède détermine le rapport de la sphère au cylindre, tant pour la surface que pour la solidité ; il fait voir que la surface de la sphère est égale à la surface convexe du cylindre circonscrit, ou, ce qui est la même chose, au quadruple de l'un de ses grands cercles ; que la surface d'un segment sphérique est égale à la surface cylindrique correspondante, ou à celle du cercle qui a pour rayon la corde menée du sommet à un point de la circonférence de la base ; que la solidité de la sphère est les deux tiers de celle du cylindre, etc. Le traité *de Conoïdibus* contient plusieurs propriétés des solides produits par la révolution des sections coniques autour de leurs axes. Archimède compare ces solides entr'eux ; il détermine leurs rapports avec le cylindre et le cône de même base et de même hauteur ; il démontre, par exemple, que la solidité du paraboloïde n'est que la moitié de celle du cy-

lindre circonscrit, etc. Dans l'écrit sur la quadrature de la parabole, il prouve, de deux manières également ingénieuses, que la surface de la parabole est les deux tiers du rectangle circonscrit : où l'on voit pour la première fois la quadrature absolue et rigoureuse d'un espace compris entre des lignes droites et une courbe. Le traité des spirales est fondé sur une géométrie profonde : Archimède compare les longueurs de ces courbes avec des arcs de cercles correspondans; les espaces qu'elles renferment avec les espaces circulaires; il en mène les tangentes, les perpendiculaires, etc. Toutes ces recherches, aujourd'hui si faciles depuis l'invention de l'analyse infinitésimale, étaient d'une extrême difficulté par la géométrie de ce temps-là. Il ne faut donc pas être surpris si les démonstrations d'Archimède sont un peu compliquées; on doit admirer au contraire la force de tête dont il a eu besoin pour ne pas laisser échapper ou rompre la chaîne d'un si grand nombre de propositions.

Ce précis est suffisant pour donner une idée générale des découvertes géométriques d'Archimède; j'ajouterai qu'il a étendu et démontré clairement l'usage de l'analyse géométrique, dont l'école de Platon avait donné les principes. On verra d'autres preuves du génie de ce grand homme, quand je parlerai de la mécanique, de l'hydrostatique et de l'optique.

Archimède aimait la gloire, non pas ce vain fantôme que la médiocrité poursuit et ne peut même atteindre, mais la gloire solide, cette considération, ce respect dû à l'homme de génie qui recule les bornes des sciences. Il désira, en mourant, que, pour perpétuer à tous les yeux la mémoire de sa plus brillante découverte, on gravât sur son tombeau une sphère inscrite au cylindre : son vœu fut rempli; mais les Siciliens, ses compatriotes, distraits ou emportés par des intérêts étrangers à la géométrie, eurent bientôt oublié l'homme qui les honore le plus en présence de la postérité. Deux cents ans après sa mort, Cicéron étant questeur en Sicile, rendit, pour ainsi dire, et pour employer ses propres termes, *une seconde fois Archimède à la lumière.* N'en ayant rien pu apprendre par les Siciliens, il fit chercher son tombeau d'après la simple connaissance historique du signe que je viens de rapporter, et de six vers grecs qu'on avait gravés autour de la base. Après bien des peines, on le découvrit enfin sous un amas de ronces, dans une campagne voisine de Syracuse. Les Siciliens rougirent de leur ignorance et de leur ingratitude.

Cic. Tus. V.

XI.

Il s'était à peine écoulé cinquante ans depuis Archimède, lorsqu'on vit paraître un autre géomètre qui l'a presque égalé, et qui est du moins incontes-

An av. J. C. 200.

tablement le second géomètre de l'antiquité : je veux dire *Apollonius*, né à Pergée en Pamphylie, d'où on l'appelle *Apollonius Pergæus*. Ses contemporains le surnommèrent le *grand géomètre*, le géomètre par excellence. La postérité lui a confirmé ce titre glorieux, sans porter atteinte aux droits d'Archimède, qui conserve le premier rang.

Apollonius avait composé un grand nombre d'ouvrages sur la géométrie transcendante de son temps : la plupart sont perdus, ou ne subsistent que par fragmens; mais nous avons du moins, presqu'en totalité, son traité des *sections coniques*, qui suffit seul pour justifier la grande réputation de l'auteur. Ce traité était divisé en huit livres. Les quatres premiers ont passé jusqu'à nous dans leur langue originale, c'est-à-dire en grec; les trois suivans ne nous sont parvenus que par une traduction qui en avait été faite en arabe vers l'an 1250, et qui fut elle-même mise en latin vers le milieu du dix-septième siècle; le huitième livre est entièrement perdu. Le célèbre Halley a revu et corrigé très-exactement le texte d'Apollonius et la traduction faite d'après l'arabe; il a restitué de lui-même le huitième livre d'après le plan d'Apollonius, et il a formé du tout une magnifique édition, publiée à Oxfort en 1710.

Dans les quatre premiers livres, Apollonius traite de la génération des sections coniques, et de

leurs principales propriétés par rapport aux axes, aux foyers et aux diamètres. La plupart de ces choses étaient déjà connues; mais lorsqu'Apollonius emprunte quelques propositions de ses prédécesseurs, c'est en homme de génie qui perfectionne et accroît la science. Avant lui, on n'avait considéré les sections coniques que dans le cône droit; il les prend dans un cône quelconque, toujours à base circulaire, et il démontre plusieurs théorèmes, ou nouveaux, ou présentés sous une forme plus générale qu'ils ne l'avaient encore été.

Les livres suivans contiennent une foule de théorèmes et de problèmes remarquables, jusqu'alors absolument inconnus; et c'est par là qu'Apollonius a principalement mérité le titre de grand géomètre. J'en citerai quelque traits.

Dans le cinquième livre, Apollonius détermine *les plus grandes et les moindres* lignes qu'on peut mener d'un point donné au périmètre d'une section conique. Il suppose d'abord que le point donné est placé sur l'axe de la section conique; et il résout à ce sujet un grand nombre de problèmes curieux, avec une simplicité et une élégance qu'on ne peut trop admirer; ensuite il étend la recherche au cas où le point est placé hors de l'axe, nouveau champ de problèmes encore plus difficiles. Par exemple, dans la proposition LXII, il détermine la plus courte ligne qu'on peut mener d'un point don-

né, placé dans l'intérieur d'une parabole et hors de l'axe, par une construction très-ingénieuse où il emploie une hyperbole équilatère entre ses asymptotes, qui va couper la parabole au point cherché. On trouve dans ce même livre le germe de la sublime théorie des développées que la géométrie moderne a poussée si loin.

Le sixième livre a pour objet la comparaison des sections coniques, portions de sections coniques, semblables ou non semblables. Apollonius enseigne à couper un cône donné, de manière que la section ait des dimensions données; il détermine sur un cône semblable à un cône donné, une section conique de dimensions données : partout une simplicité, une élégance, une clarté infiniment satisfaisantes pour les amateurs de l'ancienne géométrie.

Dans le septième livre dont le huitième faisait partie ou suite, Apollonius démontre, et c'est pour la première fois que ces théorèmes importans paraissent dans la géométrie, que dans l'ellipse ou l'hyperbole, la somme ou la différence des carrés des axes est égale à la somme ou à la différence des carrés de deux diamètres conjugués; et que dans l'une et l'autre courbe, le rectangle construit autour des deux axes est égal au parallélogramme construit autour de deux diamètres conjugués. Je passe sous silence d'autres propositions très-curieuses et non moins profondes.

Le siècle d'Archimède et d'Apollonius a été le temps le plus brillant de l'ancienne géométrie. Après ces deux grands hommes, on ne rencontre plus de géomètre du premier ordre dans la période qui nous occupe; mais il en est plusieurs autres qui ont néanmoins enrichi la géométrie de découvertes ou de théories intéressantes, et qui par là méritent l'estime et la reconnaissance de la postérité.

XII.

Trigonométrie rectiligne.

Il paraît que les grands inventeurs, trop livrés peut-être aux spéculations abstraites et théoriques de la géométrie, attachaient peu d'importance aux applications qu'on en pouvait faire à la pratique. Telle est, sans doute, la cause qui a fait tomber dans l'oubli la première origine de la trigonométrie, ou de cette branche de la géométrie par laquelle on trouve la relation entre les côtés et les angles d'un triangle. Elle offre cependant des problèmes curieux qui ont dû exciter naturellement les recherches des premiers géomètres. Par exemple, on aura pu désirer ou avoir besoin de connaître la largeur d'une grande rivière, sans être obligé ou sans être en pouvoir de la mesurer immédiatement; on aura voulu savoir la distance des sommets de deux montagnes séparées par des précipices; ainsi de plusieurs autres questions du même genre: or, on parvient à résoudre tous ces problèmes par la

formation d'un triangle qui ait pour un de ses élémens la quantité cherchée, et dans lequel on connaisse trois des six choses (trois côtés et trois angles) qui le composent, avec cette condition que parmi les trois choses connues, il y ait un côté que l'on puisse mesurer immédiatement, ou conclure d'une autre distance connue. On voit par là que les principes de la trigonométrie rectiligne sont fort simples. On a des indices que les Egyptiens ne les ont pas ignorés; on a la certitude qu'ils étaient familiers aux Grecs. Outre leur usage pour la mesure des distances terrestres, ils s'appliquaient à plusieurs problèmes d'astronomie.

Trigonométrie sphérique.

De cette considération des triangles rectilignes, on s'éleva à une théorie semblable sur les triangles sphériques, c'est-à-dire, sur les triangles formés par trois arcs de grands cercles d'une sphère, qui se coupent : théorie spécialement utile, et, en quelque sorte, indispensable dans l'astronomie. Elle est un peu compliquée, parce qu'il faut aller saisir dans un espace étendu suivant les trois dimensions, les rapports des côtés et des angles d'un triangle dont les trois côtés sont des arcs de cercle. Aussi la naissance de la trigonométrie sphérique a-t-elle été tardive. On n'a aucune raison de croire qu'elle eût fait des progrès, au moins des progrès un peu marqués, avant Ménélaüs, qui vivait vers l'an 55 de l'ère chrétienne, et qui était tout à la fois habile

géomètre et grand astronome. Il avait écrit un traité des *Cordes*, qui est perdu; nous avons son traité des *Triangles sphériques*, ouvrage savant où l'on trouve la formation de ces triangles, et la méthode trigonométrique pour les résoudre dans le plus grand nombre de cas nécessaires à la pratique de l'ancienne astronomie.

XIII.

Perspective.

Il existe une autre théorie géométrique, la perspective, sur laquelle on est en doute si elle a été connue des anciens. Pour moi, je ne vois pas que cela puisse faire une question à l'égard de la perspective *linéaire;* car cette science, si on peut lui donner ce nom particulier, n'est qu'une application très-simple et très-facile de la théorie des triangles semblables. En effet, elle se réduit à représenter sur un plan, ou sur une surface donnée, un objet tel qu'il paraît étant vu d'un point donné; ou, en langage géométrique, à projeter sur une surface donnée les parties d'un objet par des lignes menées d'un point fixe et donné à tous les points de cet objet. Or, un tel problème n'est-il pas contenu plus que virtuellement dans les Élémens d'Euclide, sans compter que peut-être il a été résolu, d'une manière explicite, dans quelqu'ouvrage qui ne nous est pas parvenu? Si cependant quelqu'un n'était pas satisfait de cette preuve de droit, je lui en produirai

une de fait, tirée de Vitruve. Le passage qui la renferme n'a pas été traduit d'une manière parfaitement conforme au sens par Claude Perraut, et on ne peut guère se dispenser d'adopter de préférence la traduction suivante, que M. Jalabert en a donnée. « Agatharque, au temps qu'Eschyle représentait des tragédies à Athènes, fut le premier à faire » les décorations du théâtre. . . . . A son » exemple, Démocrite et Anaxagore écrivirent sur » ce sujet, comment ayant mis un point en certain » lieu par rapport à l'œil et aux rayons visuels, on y » fait répondre certaines lignes proportionnelles » aux distances naturelles, ensorte que d'une chose » cachée, ou qu'on aurait de la peine à deviner, il » en résulte des images ressemblantes aux objets, » telles, par exemple, qu'elles représentent des » édifices sur le théâtre; lesquelles, quoique peintes sur une surface plate, paraissent avancer en » des endroits. » Voilà, ce me semble, la perspective linéaire bien désignée.

Lib. VII, Præf.

Mém. de l'ac. des belles-let. tom. XXIII, pag. 341.

La question n'est pas si facile à résoudre, par rapport à la perspective aérienne, qui dépend de l'opposition et de la dégradation des couleurs. Quelques modernes prétendent que les anciens n'en avaient que des notions imparfaites, fondées sur une espèce de routine; mais j'avoue que je suis très-frappé des raisons que le comte de Caylus apporte pour établir l'opinion contraire. Qu'on pèse

le passage suivant, extrait de la dissertation où ce savant critique discute la matière. « La peinture » ancienne, au moins la plus parfaite et la plus ter- » minée, n'existe plus pour nous convaincre du de- » gré auquel les anciens ont porté la perspective. » Il est certain qu'au siècle même d'Auguste, les » tableaux de Zeuxis, de Protogènes et des autres » grands peintres du bon temps de la Grèce, se dis- » tinguaient à peine, tant les couleurs en étaient » évaporées, effacées, et le bois vermoulu; car les » tableaux portatifs n'étaient peints sur aucune au- » tre matière, du moins nous ne l'apprenons d'au- » cun historien. Que nous reste-t-il donc aujour- » d'hui pour établir notre jugement, soit pour at- » taquer, soit pour défendre? Quelques peintures » sur la muraille, que nous sommes trop heureux » d'avoir, mais que notre goût pour l'antique ne » doit pas nous faire admirer également. Quelque » belles qu'elles puissent être à certains égards, il » est certain qu'on ne peut les comparer à ces su- » perbes tableaux dont les auteurs anciens ont fait » de si grands éloges, dont ils parlaient à ceux même » qui les admiraient avec eux, à ceux qui sentaient » tout le mérite de ces chefs-d'œuvres de sculpture, » sur lesquels on ne peut soupçonner ces auteurs de » préventions, puisque nous en jugeons, que nous » les admirons tous les jours, et qu'enfin nous sa- » vons qu'ils étaient également employés à la déco-

Mém de l'ac. des belles-let. tom. XXIII, pag. 323.

» ration des temples et des autres lieux publics. Ces » arts se suivent; je le dirai sans cesse, et j'ajoute- » rai qu'il est physiquement impossible que l'un (la » sculpture) fût élégant et sublime, tandis que » l'autre (la peinture) aurait été réduit à un point » de platitude et d'imperfection, telle que serait en » effet une peinture sans relief, sans dégradation, » enfin sans ce qu'on appelle l'intelligence et l'har- » monie ».

XIV.

Si j'écrivais une histoire détaillée des mathématiques, je pourrais faire une ample liste des géomètres qui ont fleuri depuis le temps d'Archimède jusqu'à la destruction de l'école d'Alexandrie. Je citerais Conon et Dositée, tous deux amis d'Archimède, et l'un et l'autre très-savans; Géminus, mathématicien de Rhodes, qui avait écrit un ouvrage intitulé: *Enarrationes geometricæ*, etc.; mais je me bornerai à faire passer ici rapidement sous les yeux du lecteur ceux dont il nous reste quelques ouvrages, et dont nous pouvons parler avec quelque connaissance de cause, sans être entièrement conduits par les simples énonciations des historiens.

An av. J. C. 60. Théodose se présente d'abord avec son traité des *Sphériques*, dans lequel il examine les propriétés qu'ont les uns par rapport aux autres, les cercles que l'on forme en coupant une sphère dans tous les sens. Cet ouvrage, excellent en lui-même, peut

être regardé comme une introduction à la trigonométrie sphérique. La plupart des propositions que l'auteur donne paraissent aujourd'hui évidentes au premier coup d'œil; mais, fidèle aux maximes des anciens, il démontre tout avec la plus grande rigueur et avec beaucoup d'élégance. On a encore de Théodose deux traités intitulés: *De Habitationibus, de Diebus et Noctibus*, qui contiennent l'explication des phénomènes célestes qu'on doit apercevoir des différens lieux de la terre.

Depuis Théodose, on parcourt un espace de trois ou quatre cents ans sans rencontrer aucun géomètre d'un certain ordre, si vous en exceptez Ménélaüs, que j'ai déja cité honorablement. Enfin on arrive à Pappus et à Dioclès, dont j'ai aussi parlé avec éloge, à l'occasion des deux problèmes particuliers de la duplication du cube et de la trisection de l'angle, et qui reviennent ici sous de nouveaux rapports. On voit encore paraître quelques autres géomètres d'un mérite distingué. An de J. C. 385.

Les *Collections mathématiques* de Pappus offrent un des plus précieux monumens de l'ancienne géométrie. L'auteur y a rassemblé le précis d'un grand nombre d'excellens ouvrages, presque tous perdus aujourd'hui, et il y a joint, de son propre fonds, plusieurs propositions nouvelles, curieuses et savantes. Ainsi il ne faut pas regarder ce recueil comme une compilation ordinaire : j'ajoute que,

même sous ce point de vue, il mériterait toute notre estime, puisqu'il représente à peu près l'état des anciennes mathématiques. Il était divisé en huit livres : les deux premiers sont perdus ; les autres ont, en général, pour objet, des questions de géométrie et quelques-unes d'astronomie ou de mécanique.

Entr'autres recherches, Pappus s'est proposé le problème des lieux géométriques dans toute son étendue, et il en a fort avancé la solution. Comme elle demandait, pour être achevée, le secours de l'algèbre, je me réserve d'en parler quand il sera question des découvertes géométriques de Descartes, sous la troisième période.

Pappus a donné la solution d'un autre problème très-curieux, et d'une espèce alors absolument nouvelle : c'était de trouver des espaces carrables sur la surface de la sphère. Il démontre, au moyen des théorèmes d'Archimède, que *si un point mobile, partant du sommet d'un hémisphère, parcourt un quart de circonférence, tandis que ce quart de circonférence fait une révolution entière autour de l'axe, l'espace compris entre la circonférence de la base et la spirale à double courbure décrite sur la surface sphérique par le point mobile, est égal au carré du diamètre.* La proposition peut être facilement généralisée, et on trouve que si, tout restant d'ailleurs le même, le quart de

Lib. IV, propos. XXX.

circonférence, au lieu de faire une révolution entière, n'en fait qu'une partie donnée, l'espace sphérique compris entre le quart de circonférence dans sa position initiale, l'arc correspondant de la base, et la spirale sphérique, est au carré du rayon, comme l'arc de la base est au quart de circonférence. Plusieurs grands géomètres ont traité en général la question de déterminer des espaces carrables sur une surface donnée, comme on le verra sous la quatrième période.

Je dois ajouter encore, à la louange de Pappus, qu'on trouve à la fin de la préface de son septième livre, une idée assez distincte du fameux théorème attribué vulgairement au P. Guldin, jésuite, que l'*étendue superficielle ou solide, engendrée par le mouvement d'une ligne ou d'un plan, est égale au produit de la ligne génératrice ou du plan générateur, par le chemin que décrit son centre de gravité.*

XV.

Quoiqu'il nous reste peu d'ouvrages de Dioclès, nous en avons assez pour juger qu'il était doué d'une grande sagacité. Outre sa cissoïde, il trouva la solution d'un problème qu'Archimède s'était proposé dans son traité *de Sphœrâ et Cylindro*, et qui consistait à *couper, par un plan, une sphère en raison donnée.* On ignore si Archimède avait lui-

même résolu cette question, alors fort difficile, et qui mène, suivant les méthodes modernes, à une équation du troisième degré. La solution de Dioclès, savante et profonde, se termine à une construction géométrique, par le moyen des intersections de deux sections coniques; elle nous a été
An de J. C. 520. conservée par Eutocius, qui était lui-même un très-bon géomètre et dont on estime beaucoup en particulier les commentaires sur une partie des ouvrages d'Archimède et d'Apollonius.

On place à peu près vers le temps de Dioclès un autre savant géomètre, appelé Serenus, dont il nous reste deux livres sur la section du cylindre et du cône, que Halley a fait réimprimer en grec et en latin, à la suite de son édition d'Apollonius. Dans le premier livre, Serenus considère l'ellipse comme une section oblique du cylindre, et il fait voir que la courbe formée de cette manière est la même que l'ellipse conique; il apprend à couper un cylindre et un cône, de telle sorte que les deux sections soient égales et semblables. Le second livre traite des sections du cône droit et du cône scalène, par des plans qui passent tous par le sommet; ce qui produit des triangles rectilignes, dont la comparaison donne lieu à un grand nombre de théorèmes et de problèmes curieux, à raison des différens rapports qui peuvent exister entre l'axe, le rayon de la base, et l'angle de l'axe avec la base.

L'ouvrage entier de Serenus est une chaîne de propositions intéressantes et démontrées très-clairement. On ne sait aucun détail sur la personne de l'auteur.

Je n'oublierai pas de citer Proclus, chef de l'école platonicienne établie à Athènes. Il a rendu d'importans services aux sciences; il encourageait ceux qui s'y livraient, par son exemple, ses instructions et ses bienfaits : il a laissé, sur le premier livre d'Euclide, un commentaire qui contient des observations curieuses touchant l'histoire et la métaphysique de la géométrie. An de J. C. 500.

Il eut pour successeur Marinus, auteur d'une préface ou introduction aux *données* d'Euclide, laquelle est ordinairement imprimée à la tête de cet ouvrage.

Nous n'avons aucun ouvrage d'Isidore de Milet, disciple de Proclus; mais nous le citons, parce qu'on le représente comme un homme très-savant dans la géométrie et la mécanique, et qu'il fut employé à la construction du temple de Sainte-Sophie à Constantinople, sous l'empereur Justinien, avec Anthémius, dont j'aurai occasion de parler un peu plus dans la suite. An de J. C. 530.

On compte encore, parmi les anciens géomètres, Héron *le jeune,* ainsi nommé pour le distinguer de Héron d'Alexandrie, dont il sera parlé à l'article de l'hydrostatique. Sa Géodésie, ouvrage An de J. C. 625.

d'ailleurs peu important, contient la méthode de trouver l'aire d'un triangle par le moyen des trois côtés, mais sans démonstration. Montucla croit que cette proposition est l'ouvrage de quelque mathématicien antérieur et plus profond.

Il est inutile d'enfler ce précis historique des noms de quelques géomètres qui ont pu être utiles à l'instruction de leurs contemporains, mais qui, n'ayant pas contribué, au moins d'une manière sensible, aux progrès de la science, ne méritent guère d'arrêter les regards de la postérité.

CHAPITRE III.

Origine et progrès de la Mécanique.

I.

Les anciens avaient porté la partie organique des *engins*, ou *instrumens mécaniques*, à un point d'industrie et de perfection d'autant plus surprenant, qu'ils n'en ont connu que très-tard les principes théoriques. Vitruve, dans son dixième livre, fait l'énumération de diverses machines très-ingénieuses, et qui dès lors étaient en usage depuis un temps considérable. On y voit que, pour élever ou transporter des fardeaux, ils employaient la plupart des moyens dont nous nous servons encore aujourd'hui : tels sont les cabestans, les poulies mouflées, les grues, les plans inclinés, etc. Les difficultés faisaient naître les ressources. Par exemple, quand l'architecte Ctésiphon, chargé de la construction du temple d'Ephèse (*), eut fait tailler dans la car-

(*) On ne connaît pas la date de la construction du temple d'Éphèse : on sait qu'il fut brûlé par Erostrate, la nuit qu'Alexandre vint au monde, en l'année 356 avant J. C.

rière même les colonnes qui devaient soutenir ou orner cet immense édifice, et qu'il fut question de les amener à Ephèse, il sentit qu'en les posant sur un char ordinaire, leur poids énorme ferait enfoncer les roues dans la terre, et rendrait le mouvement impossible : il eut donc recours à un autre moyen fort simple; il scella aux centres des bases opposées d'une colonne, deux forts boulons de fer qui s'emboîtaient à deux longues pièces de bois jointes ensemble par une traverse. Alors des bœufs, attelés à cette espèce de chassis, firent rouler aisément la colonne. C'est par une semblable mécanique que nous aplanissons nos terrasses, nos jardins, etc. Pareillement Métagène, fils de Ctésiphon, et continuateur du temple d'Ephèse, ayant à faire transporter à Ephèse les pierres qui devaient former les architraves du temple, engagea ces pierres entre deux roues qui avaient douze pieds de diamètre, et qui, par leur voisinage, ne formaient, pour ainsi dire, qu'un même cylindre.

Je pourrais citer une multitude d'autres exemples du génie des anciens dans la mécanique pratique : l'art militaire seul m'en fournirait plusieurs; on sait qu'avec leurs catapultes, leurs scorpions, leurs balistes, etc., ils produisaient une partie de ces terribles effets que l'invention de la poudre n'a que trop facilités pour le malheur des hommes

II.

Les anciens n'ont pas été aussi heureux dans la théorie de la mécanique. On voit, par quelques écrits d'Aristote, que ce philosophe, et à plus forte raison tous ses prédécesseurs, n'avaient que des notions confuses ou même fausses sur la nature de l'équilibre et du mouvement. An av. J. C. 320

La véritable théorie de l'équilibre des machines ne remonte pas plus haut qu'au temps d'Archimède, et c'est à ce grand géomètre qu'on en doit les élémens. Dans son livre *de Æquiponderantibus,* il considère une balance soutenue par un appui, et portant un poids à chaque bassin : il pose d'abord en axiome, que lorsque les deux bras de la balance sont égaux, les deux poids supposés en équilibre sont aussi nécessairement égaux; il fait voir ensuite que si l'un des bras augmente en longueur, le poids qui y est appliqué doit diminuer en même raison. D'où il conclut en général que deux poids suspendus à des bras inégaux d'une balance et en équilibre, doivent être réciproquement proportionnels aux bras de la balance. Ce principe renferme, comme on sait, toute la théorie de l'équilibre du levier, et des machines qui s'y rapportent. Archimède ayant de plus observé que les deux poids produisent sur l'appui de la balance la même pression que s'ils y étaient immédiatement appli- Statique, ou théorie de l'équilibre.

qués, fait par la pensée cette substitution, et combinant la somme des deux poids avec un troisième poids, il parvient à la même conclusion pour l'assemblage des trois que pour celui des deux premiers; ainsi de suite. Par là, il démontre de proche en proche qu'il existe, dans tout système de petits corps, ou dans tout grand corps regardé comme un tel système, un centre général d'effort qu'on appelle *le centre de gravité*. Il applique cette théorie à des exemples : il détermine la position du centre de gravité dans le parallélogramme, le triangle, le trapèze rectiligne ordinaire, l'aire de la parabole, le trapèze parabolique, etc.

On lui attribue encore la théorie du plan incliné, de la poulie et de la vis. Il avait imaginé une multitude de machines composées; mais il négligea de les décrire, et il n'en reste, pour ainsi dire, que la renommée.

On peut juger de l'état où était alors la théorie de la mécanique, par le profond étonnement où il jeta le roi Hiéron, son parent, quand il lui dit qu'avec un point fixe, il soulèverait le globe de la terre: *Da mihi ubi consistam, et terram commovebo.* Cette proposition n'est cependant qu'une conséquence fort simple de l'équilibre du levier: en alongeant un des bras et diminuant à proportion le poids attaché à son extrémité, on peut faire équilibre à un poids quelconque appliqué au bras le plus court.

Pappus, lib. 8, prop. x.

Il ne restait, pour compléter la statique, qu'à développer et à généraliser les méthodes d'Archimède. On ne peut pas douter qu'il n'eût aussi étendu l'esprit de ces principes aux nouvelles machines qu'il avait imaginées, et dont nous n'avons que des notions générales. Ses successeurs ne firent autre chose, pendant long-temps, que se traîner sur ses pas; et on ne voit pas qu'ils aient enrichi la statique d'aucune proposition de théorie un peu remarquable; mais, en rapprochant des idées connues, ils produisirent, par intervalles, un grand nombre de machines très-utiles à la société.

Archimède nous offre ici un exemple, trop commun, que la grande célébrité ne s'établit pas toujours par les plus belles découvertes. S'il n'eût été que le premier géomètre de son siècle, il aurait pu, avec ce grand titre de gloire à la main, vivre et mourir dans l'obscurité : il s'attira la plus haute considération par ses machines. Telle est la boussole, qui dirige l'estime du vulgaire, c'est-à-dire, de la presque totalité des hommes. Incapable d'apprécier les spéculations du génie, la multitude admire l'homme qui frappe ses sens et son imagination par des spectacles nouveaux et extraordinaires. Archimède était bien éloigné de mettre la même importance à ses inventions mécaniques. Ecoutons à ce sujet Plutarque dans la vie de Marcellus. Après avoir raconté qu'au siége de

Syracuse, un ingénieur romain, nommé *Appius*, faisait jouer plusieurs grandes machines pour renverser les murs de la ville, il continue ainsi, suivant la traduction d'Amiot: « Archimède ne se souciait » pas de tout cela; comme aussi n'était-ce rien en » comparaison des engins qu'il avait inventés : non » que lui en fît autrement cas ne compte, ni qu'il » les eût faits comme chefs-d'œuvre pour montrer » son esprit; car c'étoient, pour la plupart, jeux de » la géométrie qu'il avoit faits en s'esbattant par » manière de passe-temps, à l'instance du roi » Hiéron, lequel l'avoit prié de révoquer un petit » la géométrie de la spéculation des choses intel- » lectives à l'action des corporelles et sensibles, et » faire que la raison démonstrative fût un peu plus » évidente et plus facile à comprendre au commun » du peuple, en la mettant par expérienee maté- » rielle à l'utilité publique ». A la suite de ce passage, Plutarque fait l'histoire du long retardement que les machines d'Archimède apportèrent à la prise de Syracuse; ensuite il poursuit de la sorte : « Et néanmoins Archimède a eu le cœur si haut » et l'entendement si profond, et où il y avoit un » trésor caché de tant d'inventions géométriques, » qu'il ne daigna jamais laisser par écrit aucun œu- » vre de la manière de dresser toutes ces machines » de guerre pour lesquelles il acquit lors gloire et » renommée, non de science humaine, mais plu-

» tôt de divine sapience : ains, réputant toute cette
» science d'inventer et composer machines, et géné-
» ralement tout art qui apporte quelqu'utilité à la
» mettre en usage, vile, basse et mercenaire, il em-
» ploya son esprit et son étude à écrire seulement
» choses dont la beauté et subtilité ne fût aucune-
» ment mêlée avec nécessité; car ce qu'il a écrit
» sont propositions géométriques qui ne reçoivent
» point de comparaison à autres quelles qu'elles
» soient, pour ce que le sujet qu'elles traitent com-
» bat avec la démonstration, leur donnant le sujet,
» la beauté et la grandeur; et la démonstration, la
» preuve si exquise, qu'il n'y a que redire, avec une
» force et facilité merveilleuse : car on ne sauroit
» trouver en toute la géométrie de plus difficiles ni
» plus profondes matières écrites en plus simples et
» plus clairs termes, et par plus faciles principes que
» sont celles qu'il a inventées ».

Le jugement qu'Archimède portait de la géométrie de son temps, il l'aurait également porté des grandes découvertes modernes dans la géométrie et la mécanique rationnelle. Toutes ces connaissances occupent incontestablement le premier rang dans l'empire des sciences. Il n'est pas permis de placer sur la même ligne la mécanique pratique, puisqu'un homme qui était tout à la fois un grand géomètre et un grand machiniste, nous le défend d'une manière si positive; cependant, elle demande quelque-

fois beaucoup de recherches et de sagacité : et assurément un machiniste du premier ordre, tel que Vaucanson, est un homme plus rare et mérite plus d'estime qu'un géomètre purement savant et dépourvu de l'esprit d'invention.

F. Berthoud, né en 1727, mort en 1807.

M. Ferdinand Berthoud, membre de l'institut de France, auteur d'une excellente *histoire de la mesure du temps par les horloges, Paris* 1802, ne connaissait pas sans doute les passages que je viens de citer de Plutarque, lorsqu'il a dit (tom. 1. pag. 2.), que le *mécanicien crée, et que le géomètre calcule;* et lorsqu'ensuite, pour donner une haute idée d'Archimède, il l'appelle simplement (page 28) un *mécanicien célèbre.* L'enthousiasme pour les combinaisons mécaniques de leviers, de roues, de plans inclinés, etc., est sans doute pardonnable à un artiste qui a porté l'horlogerie et surtout la construction des *horloges marines*, à un haut degré de perfection; mais certainement Archimède n'aurait pas été content d'un éloge où il manque les plus beaux traits de son génie.

III.

Mécanique du mouvement.

Les anciens n'ont eu que les notions les plus élémentaires de la théorie du mouvement : ils ne connaissaient que les propriétés générales du mouvement uniforme; ils savaient, ce qu'un peu de réflexion et le simple bon sens pouvaient apprendre à

tout le monde, qu'un corps se meut d'autant plus vite, qu'il parcourt plus d'espace en moins de temps, ou, en d'autres termes, que la vitesse s'exprime par le rapport du nombre des mesures de l'espace parcouru au nombre des mesures du temps; que les espaces parcourus uniformément par deux corps, sont, en général, comme les produits des temps par les vitesses : de sorte que, si les temps sont égaux, les espaces sont comme les vitesses; et si les vitesses sont égales, les espaces sont comme les temps. Mais des connaissances si simples, si faciles, ne peuvent pas être regardées comme une science : la véritable mécanique du mouvement est celle qui a pour objet la théorie du mouvement varié, et les lois de la communication des mouvemens. Elle était inaccessible, dans son état de généralité, à la géométrie des anciens; elle appartient toute entière aux modernes.

CHAPITRE IV.

Origine et progrès de l'hydrodynamique.

I.

Si la science de la mécanique des corps solides a été si lente à se former, celle de l'hydrodynamique a dû l'être bien davantage; car, en supposant même qu'on fût parvenu à déterminer géométriquement les conditions de l'équilibre et du mouvement pour un système quelconque des corps solides, la même méthode n'aurait pu être appliquée directement à une masse fluide, dont on ne connaît les élémens ni pour le nombre, ni pour la figure, ni pour la grosseur. Il fallait donc que l'expérience ou une propriété particulière aux fluides vînt d'abord former, pour ainsi dire, un pont de communication d'une science à l'autre. Alors les bases fondamentales de l'hydrodynamique étant une fois posées, les problèmes qui en dépendent sont rappelés à la géométrie et aux lois générales de l'équilibre et du mouvement, comme ceux de la mécanique des corps solides.

II.

Archimède est encore ici le premier qui ait posé les lois fondamentales de l'*hydrostatique*, ou de

Hydrostatique.

cette partie de l'hydrodynamique, qui a pour objet l'équilibre des fluides. Selon quelques auteurs, l'ouvrage qu'il avait écrit sur ce sujet ne nous est parvenu que par une traduction que les Arabes en avaient faite, et qui a été elle-même mise en latin : d'autres assurent que la traduction latine a été faite d'après le grec; mais on ignore si cet original existe encore. Quoi qu'il en soit, l'ouvrage, tel que nous l'avons, est intitulé : *De humido insidentibus,* et il est divisé en deux livres. Archimède prend pour base, que toutes les molécules d'un fluide étant supposées égales, également pesantes, demeureront chacune en leur place, ou que toute la masse sera en équilibre, lorsque chaque molécule en particulier sera également pressée en toute sorte de sens. Cette égalité de pression sur laquelle il fait porter essentiellement l'état d'équilibre, est démontrée par l'expérience. L'auteur examine ensuite les conditions qui doivent avoir lieu pour qu'un corps solide homogène, flottant sur un fluide, prenne et conserve la situation d'équilibre : il fait voir que le centre de gravité du corps et celui de la partie plongée, doivent être placés sur une même ligne verticale, et que le poids du corps est égal au poids de la portion de fluide déplacée. Le corps s'enfonce entièrement, lorsque sa pesanteur spécifique égale ou surpasse celle du fluide. Cette théorie générale est appliquée à divers exemples tirés du triangle, du cône, etc.



On voit facilement, par la proposition VII du premier livre, que deux corps égaux en volume, plus pesans l'un et l'autre qu'un fluide où ils sont plongés, y perdent des parties égales de leurs poids, ou que réciproquement deux corps sont égaux en volume quand ils perdent dans le fluide des parties égales de leurs poids. Je cite ce théorème, parce que l'opinion générale des mathématiciens est qu'Archimède en fit usage pour résoudre un problème fameux qui lui fut proposé par le roi Hiéron. Voici à quelle occasion.

III.

Problème de la couronne d'Hieron.

Ce prince avait fait faire, par un orfèvre de Syracuse, une couronne qui, aux termes de leur convention réciproque, devait être d'or pur; mais soupçonnant qu'on y avait mêlé de l'argent, il eut recours à Archimède pour éclaircir la vérité, sans endommager la couronne. Il est très-vraisemblable qu'Archimède y parvint de cette manière : il commença par déterminer deux lingots, l'un d'or pur, l'autre d'argent pur, égaux chacun en volume à la couronne, en pesant pour cela successivement dans l'eau les trois corps, c'est-à-dire, la couronne, le lingot d'or et le lingot d'argent, et en diminuant ou augmentant par degrés le lingot d'or et le lingot d'argent, jusqu'à ce que l'un et l'autre perdissent exactement la même partie de leurs poids que la

couronne perdait du sien. Cette opération préliminaire faite, Archimède pesa hors de l'eau, ou dans l'air, les trois mêmes corps; et ayant trouvé que la couronne pesait moins que le lingot d'or et plus que le lingot d'argent, il conclut qu'elle n'était ni d'or pur, ni d'argent pur, mais un mélange de ces deux métaux. Il ne s'agissait plus que de découvrir la proportion du mélange. C'est à quoi il parvint par un calcul arithmétique fort simple, qui consiste à prendre la partie d'or et la partie d'argent, dans le même rapport que l'excès du poids de la couronne sur le poids du lingot d'argent, et l'excès du poids du lingot d'or sur le poids de la couronne.

Quelques auteurs racontent qu'Archimède se trouvant aux bains quand toutes ces idées se présentèrent à lui, il en sortit aussitôt transporté de joie, et que, sans songer à l'état de nudité où il était alors, il se mit à courir dans les rues de Syracuse, en criant de toute sa force : *Je l'ai trouvé! je l'ai trouvé!*

Je n'ai pas le dessein aussi injuste que déplacé de rabaisser cette ingénieuse découverte; mais j'observerai, en faveur de quelques lecteurs, que si la couronne, au lieu de contenir simplement de l'or et de l'argent, comme on supposait, eût contenu plus de deux métaux, par exemple, de l'or, de l'argent et du cuivre; on aurait pu la faire du même poids, en combinant ensemble ces trois métaux de

Remarque sur la solution d'Archimède

plusieurs manières différentes. Alors le problème serait demeuré indéterminé, ou susceptible de plusieurs solutions.

IV.

Vis d'Archimède.

La *limace*, ou la vis qui porte le nom d'Archimède, est une machine hydraulique très-simple et très-commode pour élever les eaux à de petites hauteurs. Selon Diodore de Sicile, Archimède inventa cette machine dans son voyage en Egypte, et on s'en servait pour dessécher les marais, les fleuves, etc.; mais Vitruve, contemporain de Diodore, ne la cite point au nombre des découvertes d'Archimède, dont il était néanmoins le grand admirateur. Claude Perrault, traducteur et commentateur de Vitruve, ajoute que *l'usage* CÉLÈBRE *que Diodore donne à cette machine, qui est d'avoir servi à rendre l'Egypte habitable, en épuisant les eaux dont elle était autrefois inondée, peut faire douter qu'elle ne fût beaucoup plus ancienne qu'Archimède.* Si cette conjecture a quelque fondement, ne mêlons point aux possessions légitimes d'Archimède une invention qu'on peut lui contester : il est trop riche à d'autres égards, pour ne pas faire ici le sacrifice d'un droit équivoque.

Vitr. liv. x, chap. xi.

V.

An av. J. C. 150.

Environ un siècle après Archimède, deux ma-

thématiciens de l'école d'Alexandrie, Ctésibius et Héron, son disciple, inventèrent les pompes, le syphon recourbé, et la fontaine de compression, qu'on appelle encore aujourd'hui *la fontaine de Héron*. On doit plus spécialement à Ctésibius une machine du même genre, composée de deux pompes aspirantes et foulantes, de telle manière que par leur action alternative, l'eau est sans cesse aspirée et poussée dans un tuyau montant intermédiaire. Toutes ces machines ont, comme on sait aujourd'hui, pour véhicule du principe moteur, la pression de l'atmosphère, qui soulève l'eau dans l'espace vide que laisse le piston en montant, ou en descendant. Les effets qu'elles produisent sont très-curieux, et durent paraître d'abord bien extraordinaires. Aussi les anciens, ne sachant à quoi les attribuer, eurent recours à leur grand système des qualités occultes, si commode pour expliquer tous les phénomènes de la nature. L'eau monte dans les pompes, disaient-ils, parce que la nature abhorre le vide, et qu'aussitôt que le piston s'élève, la place qu'il abandonne doit être occupée par l'eau. Toute la physique des anciens était remplie de ces puissances secrètes qu'on diversifiait à l'infini, suivant le besoin. On transportait du monde moral au monde physique les idées d'affection ou de haine; les corps célestes ou terrestres avaient les uns pour les autres de la sympathie ou de l'antipathie, et on croyait expli-

Machines hydrauliques de Ctésibius et Héron.

Explications ridicules que les anciens en donnent.

quer un phénomène quand on pouvait le ranger, d'une manière ou d'autre, sous l'empire de ces agens chimériques.

VI.

Clepsydres inventées par les Egyptiens.

On fait remonter jusqu'aux Egyptiens la mesure du temps par les *clepsydres* ou *horloges d'eau.* Ces horloges indiquaient l'heure par les élévations successives de l'eau qui entrait dans un vase, en quantités réglées suivant les divisions du temps, ou par le mouvement d'une aiguille que cette eau faisait tourner sur un cadran gradué, au moyen d'une roue et d'un engrenage. Ctésibius et plusieurs autres anciens ont proposé des machines de ce genre, comme on peut le voir dans Vitruve. Les *sabliers* furent dans la suite substitués aux clepsydres.

Lib. x.

Autres machines hydrauliques des anciens.

Le tympan, la roue à godets et les chapelets sont des machines hydrauliques qui nous viennent aussi des anciens; mais on ignore le temps où elles ont commencé à être mises en usage.

VII.

Ancienneté des moulins à bras ou à manége.

Avant l'invention des moulins mus par l'eau ou par le vent, on se servait de pilons pour écraser le blé et le réduire en farine; ensuite on employa deux meules, l'une inférieure et immobile, l'autre tournante au-dessus, par la force immédiate des bras, ou par l'intervention d'une corde qui s'enveloppait autour d'un cabestan : d'où l'on donna à ces mou-

lins les noms de *moulins à bras*, de *moulins à manége*. Les Romains en faisaient un grand usage dès l'origine de la république, et sans doute ils les tenaient des anciens peuples. Sous leurs rois de la première race, les Français les employaient également avec succès. Dans la suite, on les a trop abandonnés; car, non-seulement ils peuvent suppléer au chômage des moulins à eau et à vent, par les temps de fortes gelées ou de calme dans l'air; mais encore ils peuvent être utiles dans une ville assiégée: ils peuvent, dans tous les temps, faire servir, au profit du gouvernement, les forces perdues par les hommes vigoureux détenus dans les prisons.

Une épigramme de l'anthologie grecque a donné lieu de croire que les moulins à eau ont été inventés au temps d'Auguste; mais Vitruve, qui florissait sous ce prince, ne dit point, dans la description qu'il en donne, qu'ils fussent alors une invention récente: vraisemblablement ils étaient connus long-temps auparavant. **Moulins à eau.**

Les moulins à vent sont venus beaucoup plus tard. Quelques auteurs prétendent que les Français les ont imaginés dans le sixième siècle de l'ère chrétienne; d'autres assurent que les croisades nous les ont apportés de l'orient, où ils étaient déjà très-anciens, et où on les préfère aux moulins à eau, parce que les sources et les rivières sont plus rares en ces pays qu'en Europe. Que nous les **Moulins à vent.**

ayons inventés ou reçus, il est certain que l'usage ne s'en est établi parmi nous qu'avec assez de peine et de lenteur. Nous préférons à notre tour les moulins à eau, comme d'un service plus commode et d'un mouvement plus régulier.

Je ne puis m'empêcher de remarquer, en passant, que le mécanisme des moulins, surtout celui des moulins à vent, est un des chefs-d'œuvres de l'industrie humaine.

En voyant tant de travaux, tant de monumens du génie, l'homme sensible et reconnaissant demande : A qui doit-on toutes ces découvertes utiles et sublimes? Quels honneurs, quelles récompenses ces bienfaiteurs de l'humanité ont-ils reçus de leurs pays, du monde entier? L'histoire ne répond ordinairement rien à ces questions; mais elle a grand soin de nous transmettre les noms et les exploits des conquérans qui ont ravagé la terre.

VIII.

Hydraulique. L'hydraulique, ou cette partie de l'hydrodynamique, qui traite du mouvement des fluides, était ignorée des anciens; mais, conduits par l'expérience, ils avaient construit plusieurs machines très-ingénieuses, où l'action des fluides en mouvement servait de principe moteur. On conçoit que leurs premiers essais durent être très-imparfaits : mais les vices d'une machine étaient des leçons pour

en construire une autre moins défectueuse ; et à force de tâtonnemens et d'expériences, on arrivait par degrés à une certaine perfection. On attribue à Sextus Julius Frontinus (vulgairement appelé *Frontin*) les premières notions théoriques un peu distinctes qu'on ait eues du mouvement des fluides. Inspecteur des fontaines publiques à Rome, sous les empereurs Nerva et Trajan, il a laissé sur ce sujet un ouvrage intitulé : *De aquæductibus urbis Romæ commentarius.* Il y considère les mouvemens des eaux qui coulent dans des canaux, ou qui s'échappent, par des orifices, des vases où elles sont contenues. Il décrit d'abord les aquéducs de Rome, cite les noms de ceux qui les ont fait construire et les époques de leurs constructions ; ensuite il fixe et compare ensemble les mesures ou *modules* dont on se servait alors à Rome pour déterminer les produits des ajutages. De là il passe aux moyens de distribuer les eaux d'un aquéduc ou d'une fontaine. Il fait des observations vraies sur ces différens objets : par exemple, il a vu que le produit d'un ajutage ne doit pas seulement s'évaluer par la grandeur ou superficie de cet ajutage, et qu'il faut de plus tenir compte de la hauteur du réservoir : considération très-simple et cependant négligée par quelques fontainiers modernes. Il a senti pareillement qu'un tuyau destiné à dériver en partie l'eau d'un aquéduc, doit avoir, selon les circonstances, une posi-

tion plus ou moins oblique par rapport au cours du fluide, etc. Mais on ne trouve d'ailleurs aucune précision géométrique dans ses résultats ; il n'a point connu la vraie loi des vitesses relativement aux hauteurs des réservoirs.

Aucun autre ancien auteur n'a écrit, d'une manière un peu exacte, sur le mouvement des fluides : la découverte de cette théorie appartient aux modernes.

CHAPITRE V.

Origine et progrès de l'Astronomie.

I.

Je ne fais pas remonter l'origine de l'astronomie jusqu'aux premiers hommes, qui, par curiosité ou désœuvrement, commencèrent à considérer le cours des astres, sans méthode et sans principes. Cette science ne peut dater que du temps où les observations multipliées, suivies et raisonnées, ont pu servir de base pour déterminer, au moins par approximation, les lois du mouvement des corps célestes.

Commencemens incertains.

Les travaux des anciens peuples dans cette importante branche des connaissances humaines, offriraient une ample matière de réflexions philosophiques, si l'on pouvait suivre leur marche et leurs progrès à travers la nuit des temps. On y remarquerait sans doute une grande diversité de vues, de combinaisons et de résultats, selon les pays, le génie des peuples, et la nature des gouvernemens. Privés d'un tel flambeau, par la disette des monumens historiques, nous ne pouvons prendre que des notions assez imparfaites sur les premiers pas de

l'astronomie. Je serai d'autant plus court sur ces commencemens, que je veux m'interdire les conjectures, au moins toutes celles qui ne seront pas appuyées sur des probabilités satisfaisantes : le discours acquerra plus de corps et de certitude à mesure que nous nous éloignerons de l'antiquité.

II.

Tableau général de l'ancienne astronomie.

Aussitôt que l'on entreprit d'étudier le ciel avec attention, on observa que la lune, le soleil et les étoiles faisaient chaque jour * une révolution d'orient en occident, avec cette différence que les étoiles conservaient toujours entr'elles la même position, la même marche dans les espaces célestes; au lieu que la lune et le soleil se levaient et se couchaient, d'un jour à l'autre, plus tard que les étoiles, et à des intervalles inégaux. D'où l'on tira d'abord cette conséquence très-simple, qu'en même temps que la lune et le soleil participaient à la révolution journalière de toute la sphère céleste, ces deux astres avançaient d'occident en orient, par des mou-

* On entend par *jour*, dans l'astronomie, l'intervalle qui répond à une révolution entière du soleil, ce qui comprend le jour ordinaire et la nuit. Les mouvemens dont il s'agit ne sont qu'apparens pour les étoiles et même pour le soleil; mais nous sommes obligés de parler ici le langage de l'ancienne astronomie.

vemens propres et différens, tandis qu'à cet égard les étoiles paraissaient immobiles. Ces deux derniers mouvemens forment ce qu'on appelle les *lunaisons* et les *années solaires*.

La lune paraissait faire environ douze tours, pendant que le soleil n'en faisait qu'un seul. De là, pour établir une correspondance entre leurs mouvemens, on divisa l'année solaire en douze parties ou *mois*, qui comprenaient autant de lunaisons. Les autres subdivisions du temps, comme les *semaines*, les *heures*, les *minutes*, etc., s'établirent par degrés, suivant le progrès des arts, l'exigence des besoins ou des convenances pour chaque peuple. On sent que toutes ces premières déterminations n'étaient que des à-peu-près, qui se perfectionnèrent avec la science même. L'année lunaire, ou la somme de douze lunaisons, est sensiblement plus courte que l'année solaire.

III.

Sphère armillaire.

Comme il était difficile de se représenter distinctement et chacun dans leur ordre, tant de mouvemens divers en quantités et en directions, on imagina dans la voûte céleste plusieurs cercles, grands ou petits, auxquels on rapportait à chaque instant la position des astres. On construisit en bois, ou en métal, une machine où la réunion de tous ces cercles sous un petit volume, en facilitait l'intelligence

et l'usage. Les principaux grands cercles étaient l'*équateur*, l'*horizon*, le *méridien* et l'*écliptique*; les petits prenaient des noms particuliers, relatifs à leurs destinations. Par le mouvement journalier d'orient en occident, les astres décrivaient ou l'équateur même, ou des petits cercles parallèles à l'équateur; l'horizon faisait connaître le lever et le coucher des astres; le méridien partageait le jour en deux parties égales; l'écliptique, inclinée à l'équateur, était la route annuelle du soleil d'occident en orient. La lune avait aussi son écliptique: c'était le cercle qu'elle décrit chaque mois autour de la terre, d'occident en orient. Telle est la première origine de la *sphère armillaire*, que l'on fait remonter aux temps les plus reculés, sans pouvoir fixer l'époque précise où elle a été conçue et employée.

On rapporte à peu près à la même antiquité la mesure du temps par les *clepsydres* dont j'ai déjà fait mention, et par les *gnomons* : l'horlogerie ne date que du treizième siècle de l'ère chrétienne.

L'ancien gnomon était simplement un grand style vertical, ou plutôt une colonne, qui étant exposée au soleil, marquait les heures, par son ombre sur le terrain. Il ne fut destiné d'abord qu'à indiquer l'heure de midi, ce qui arrivait lorsque l'ombre était la plus courte; ensuite les cadrans, diminutifs du gnomon, apprirent à connaître les autres

heures principales, au moins celles qui avoisinaient celle de midi.

IV.

Tous les peuples, anciens et modernes, n'ont pas suivi la même règle dans la fixation des époques du temps. Les Babyloniens faisaient commencer le jour au lever du soleil; les Athéniens et les Juifs, à son coucher. Ces deux systèmes ont un inconvénient commun : les temps de la présence du soleil au-dessus de l'horizon, y sont inégaux, à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur; et cette inégalité produit de l'embarras, lorsqu'on veut comparer les parties du temps où le soleil est visible, avec celles où il est caché. Les Egyptiens avaient une meilleure méthode: ils comptaient le jour d'un minuit à l'autre, et ils le divisaient en parties égales, dont un certain nombre marquait la présence du soleil, l'autre son absence, suivant l'ordre des saisons. Cet usage s'observe encore aujourd'hui presqu'universellement pour les affaires civiles: les astronomes, au temps de Copernic, s'y conformaient également; mais, depuis environ deux cents ans, ils ont trouvé plus commode de faire commencer le jour à midi. Divers systèmes sur les époques du temps.

V.

Le soleil et la lune devaient naturellement attirer la première attention des astronomes : le soleil, Mouvemens du soleil et de la lune.

par son éclat et la chaleur vivifiante qu'il répand dans toute la nature ; la lune, par la lumière qu'elle nous renvoie pendant la nuit, et par les vicissitudes de ses phases, qui servaient chez plusieurs peuples à fixer les époques de certaines affaires civiles, de différentes cérémonies religieuses, etc. Presque tous les astronomes anciens et modernes ont réglé l'unité de temps sur le cours du soleil ; les Arabes la réglaient sur le mouvement de la lune. On sent que le choix de cette unité est arbitraire, comme dans toutes les espèces de comparaisons. L'objet essentiel était de déterminer exactement la correspondance des mouvemens du soleil et de la lune : aussi a-t-on fait dans tous les temps les derniers efforts pour y parvenir.

VI.

Ancienne astronomie nécessairement imparfaite.

La perfection de l'astronomie, comme celle de toutes les connaissances expérimentales, est l'ouvrage d'une longue suite d'observations et de recherches combinées. On ne doit donc pas être surpris que les anciens astronomes, malgré toute leur sagacité, ne nous aient transmis qu'une science assez incomplète ou défectueuse. Elle l'était, 1.° par les moyens qu'ils employaient pour mesurer le temps ; les écoulemens de l'eau dans les clepsydres ne pouvaient jamais être rigoureusement uniformes ; les cadrans étaient inutiles pour les observations nocturnes, et même le plus souvent pour celles de

jour. 2.° Elle l'était par la nature des instrumens avec lesquels on observait les astres : n'ayant pas, comme nous, le secours des lunettes, les anciens faisaient leurs observations à la vue simple, au moyen d'un assemblage de règles mobiles et d'alidades garnies de pinnules à travers lesquelles on regardait les objets ; ce qui était fort ingénieux, sans contredit, mais sujet à beaucoup d'erreurs, surtout lorsqu'il s'agissait de mesurer de petits angles. Cependant, quoiqu'on ne puisse pas compter sur une graude exactitude dans les anciennes observations, et quoiqu'on s'exposât même à se tromper beaucoup, si on les prenait seules pour la base d'un calcul astronomique ; elles sont utiles, quelquefois nécessaires, pour fonder certaines théories où il faut comparer des observations faites à de grands intervalles de temps les unes des autres, et où par conséquent les erreurs répandues sur une longue suite de siècles ne peuvent qu'altérer insensiblement la vérité des résultats. L'étude de l'ancienne astronomie est donc recommandable sous ce rapport; elle est d'ailleurs digne de curiosité, comme objet d'érudition. Je ne pourrai pas entrer à ce sujet dans de grands détails; mais du moins je tâcherai d'indiquer clairement les principales découvertes des anciens astronomes, et je ne laisserai pas échapper l'occasion de leur payer le tribut d'éloges et de reconnaissance qu'ils méritent.

VII.

Astronomie chaldéenne.

Les Chaldéens, selon Simplicius *, citaient au temps d'Alexandre, une suite d'observations de 1903 ans ; elles furent recueillies à Babylone, par Callisthènes, disciple d'Aristote, et envoyées à ce dernier par ordre d'Alexandre. On n'a point de preuve directe et positive de l'exactitude, ni même de la réalité de toutes ces observations. Cependant on ne peut guère douter que les Chaldéens ne fussent au moins très-instruits dans la connaissance des mouvemens du soleil et de la lune; l'astronome Géminus, qui vivait un peu avant Jésus-Christ, et dont le témoignage est ici du plus grand poids, assure qu'ils étaient parvenus à former diverses périodes lunisolaires ** fort ingénieuses et fort approchantes de la vérité : c'était, ajoute-t-il, le résultat de supputations astronomiques, fondées sur un grand

* Simplicius était un philosophe péripatéticien, qui vivait dans le cinquième siècle de l'ère chrétienne, et dont il reste des commentaires sur Aristote et sur Epictète.

** Les périodes lunisolaires sont des espaces de temps après lesquels le soleil et la lune, ou deux points remarquables de leurs obites, tels que l'apogée, les nœuds, etc., étant supposés partis d'un même endroit du ciel, viennent à s'y retrouver.

nombre d'observations exactes. Il leur attribue entr'autres la période du *Saros*, laquelle, après 223 lunaisons, ramenait la lune presque dans la même position, relativement à son nœud, à son apogée et au soleil. Je n'entrerai pas dans la discussion de ces périodes, dont les fondemens doivent nous paraître souvent fort incertains. Quoi qu'il en soit, l'astronomie chaldéenne ne commence à nous être connue d'une manière positive qu'à dater de l'ère de Nabonassar, premier roi de Babylone, lors du second empire des Assyriens. Cette époque répond à l'année 747 avant Jésus-Christ. Ptolemée, qui florissait vers l'an 140 de notre ère, et qui fut, comme nous le verrons dans la suite, l'un des plus grands astronomes de l'école d'Alexandrie, a employé dans ses calculs trois observations d'éclipses de lune faites par les Chaldéens, dans les années 27 et 28 de l'ère de Nabonassar. Ils s'adonnaient spécialement à ce genre d'observations; et le même Ptolemée en rapporte encore quatre autres, dont la dernière répond à l'année 380 de l'ère de Nabonassar, ou à l'année 367 avant l'ère chrétienne.

VIII.

La révolution qui fit passer le royaume de Babylone sous le joug des Persans, environ deux cent dix ans après sa fondation, ne fut pas funeste à l'astronomie. Les Persans eux-mêmes devinrent ob- Astronomie persanne.

An av. J. C. 516.

servateurs. Dès le règne de Darius Occhus, ils comptaient le temps par les révolutions solaires, et ils avaient établi une forme de calendrier fort simple, cité avec éloge par quelques anciens auteurs.

IX.

Astronomie égyptienne.

Introduction à la vie des philosophes.

Nous avons très-peu de lumières sur l'état de l'ancienne astronomie égyptienne. On présume seulement, avec beaucoup de vraisemblance, qu'elle devait être fort avancée. Diogène de Laerce s'exprime à ce sujet comme il suit : « Les Égyptiens avancent » que Vulcain, qu'ils font fils de Nilus, traita le » premier la philosophie, dont ils appelaient les » maîtres du nom de *prêtres* et de *prophètes* : ils » veulent que depuis lui jusqu'à Alexandre, roi de » Macédoine, il se soit écoulé quarante-huit mille » huit cent soixante-trois ans, pendant lesquels il y » eut trois cent soixante-treize éclipses de soleil et » huit cent trente-deux de lune ». Mais en admettant que les Égyptiens eussent observé en effet trois cent soixante-treize éclipses de soleil et huit cent trente-deux de lune dans un même lieu et dans un même temps, on trouve, par le calcul astronomique, qu'il ne fallait pour cela qu'environ douze à treize cents ans; d'où il résulte que le nombre 48863 est visiblement fabuleux. On doit donc seulement conclure que l'époque des premières ob-

servations égyptiennes ne peut remonter qu'à seize ou dix-sept cents années avant l'ère chrétienne.

Il existe d'autres preuves plus certaines du savoir des Égyptiens dans l'astronomie. La manière exacte dont ils avaient orienté leurs fameuses pyramides, par rapport aux quatre points cardinaux du monde, fait voir qu'ils avaient une connaissance juste de la ligne méridienne. Toute l'antiquité atteste qu'ils sont les premiers auteurs de la division de l'année en douze mois de trente jours : à quoi ils reconnurent bientôt qu'il fallait ajouter cinq jours complémentaires, et au bout d'une période de quatre ans, encore un jour complémentaire. La division des mois en semaines est aussi de leur invention. Nous ne pouvons trop regretter la perte de leurs écrits. J'ajouterai néanmoins que ces regrets doivent porter principalement sur les écrits des premiers Égyptiens; car, au temps de Strabon, la science des mages était tellement tombée, qu'ils ne s'occupaient plus qu'à remplir leurs fonctions, et à expliquer les cérémonies du culte aux étrangers.

X.

On sera sans doute surpris de voir paraître les Juifs sur la scène, comme astronomes. Il ne tient pas à leur historien Flavius Josephe, qu'on ne regarde les patriarches de sa nation comme les inventeurs de l'astronomie et de la géométrie. Voici

Astronomie judaïque.

Ant. judaïques, liv. Ier.

comment il s'exprime (chapitres II et III), suivant la traduction d'Arnaud-d'Andilli. « On doit à leur » esprit et à leur travail la science de l'astrologie * ; » et parce qu'ils avaient appris d'Adam que le monde » périrait par l'eau et par le feu, la crainte qu'ils » eurent que cette science ne se perdît avant que » les hommes en fussent instruits, les porta à bâtir » deux colonnes, l'une de briques et l'autre de » pierres, sur lesquelles ils gravèrent les connais- » sances qu'ils avaient acquises, afin que s'il arrivait » qu'un déluge ruinât la colonne de briques, celle » de pierres demeurât pour conserver à la postérité » la mémoire de ce qu'ils y avaient écrit. Leur pré- » voyance réussit; et on assure que cette colonne » de pierres se voit encore aujourd'hui dans la Sy- » rie....... Outre que nos anciens pères étaient par- » ticulièrement chéris de Dieu, et comme l'ouvrage » qu'il avait formé de ses propres mains, et que les » viandes dont ils se nourrissaient étaient propres à » conserver la vie, Dieu la leur prolongeait, tant à » cause de leur vertu, que pour leur donner moyen » de perfectionner les sciences de la géométrie et » de l'astronomie, qu'ils avaient trouvées : ce qu'ils » n'auraient pu faire s'ils avaient vécu moins de six » cents ans, parce que ce n'est qu'après la révolu-

* Le mot *astrologie* est ici synonyme avec *astronomie*.

» tion de six siècles que s'accomplit la grande an-
» née ».

Quelques réflexions fort simples vont nous mettre en état d'apprécier tout ce beau récit.

Je n'examinerai point s'il est bien prouvé que les patriarches juifs aient vécu aussi long-temps que Josephe le rapporte ; j'entreprendrai encore moins de pénétrer les raisons que Dieu peut avoir eues de leur accorder une si longue vie : je me borne à faire quelques questions à Josephe.

Si vos patriarches ont été en effet de si grands astronomes, pourquoi tout leur savoir a-t-il disparu et n'a-t-il pas été transmis à la postérité par Noë, qui était lui-même un patriarche distingué, et sans doute l'un des plus instruits ? Pourquoi les Juifs n'ont-ils jamais montré la moindre connaissance de l'astronomie dans des occasions où elle leur eût été très-utile ? Pourquoi, par exemple, quand il s'agissait de fixer la célébration de la Pâque par la nouvelle lune, attendait-on que quelqu'un l'eût observée, et en eût fait son rapport à l'assemblée du peuple, tandis qu'une astronomie un peu perfectionnée l'aurait fait connaître d'une manière beaucoup plus simple et plus précise ? Que prouve l'absurde fable des deux colonnes ?

Quant à la *grande année*, ou période de six cents ans, je commence par observer qu'elle a deux défauts qui doivent beaucoup affaiblir, ce me sem-

ble, les éloges qu'il a plu à quelques astronomes modernes de lui prodiguer. 1.° Elle embrasse un très-long espace de temps, ce qui lui enlève presque toute son utilité pratique, le principal avantage d'une période quelconque étant d'être resserrée entre des limites étroites, autant que l'exactitude peut le permettre. 2.° Elle pèche même sensiblement contre cette exactitude si nécessaire : en effet, le célèbre Dominique Cassini, l'un de ses panégyristes, suppose, dans le calcul qu'il en a donné, que l'ancien mois lunaire synodique avait la même durée que le mois actuel déterminé par les meilleures observations; mais que l'ancienne année solaire était d'environ deux minutes plus longue que l'année actuelle, et il ajoute que cet excès avait lieu, selon toutes les *apparences*. Mais où sont ces *apparences*? N'existe-t-il pas au contraire de très-fortes preuves que l'année solaire n'a pas souffert la diminution que Cassini suppose gratuitement? Or, si le mois synodique et l'année solaire sont demeurés invariables, du moins à peu près, la période comportera une erreur d'environ vingt heures pendant une révolution : erreur qu'on regarderait comme très-considérable dans les déterminations astronomiques modernes. Néanmoins, en ayant égard à cette haute antiquité où l'astronomie était nécessairement imparfaite, il faut convenir que la période dont il s'agit (si elle est réelle),

Anc. mém. de l'académie, tome VIII.

supposerait un grand nombre d'observations et un savant usage du calcul astronomique. Mais par cela même, je pense qu'on ne peut pas en faire honneur aux patriarches juifs. Qui croira, en effet, qu'une nation dont les pères auraient été capables d'un tel effort d'attention et de savoir, se fût abâtardie, fût dégénérée au point que depuis le déluge, et tant qu'elle a vécu séparée des autres peuples, elle ne montre plus qu'une honteuse superstition et une stupide ignorance? Car, quel autre jugement peut-on porter quand ses historiens vous disent froidement que Josué arrêta le soleil, que l'ombre du cadran d'Esdras rétrograda de dix degrés, que les plantes se forment par la putréfaction, et mille autres absurdités de la même force? N'est-il pas très-probable que Josephe, trop prévenu en faveur de sa nation, a pris un détour pour lui attribuer une découverte, dont plus vraisemblablement il avoit puisé lui-même la connaissance dans les auteurs grecs ou chaldéens qu'il cite à la suite des passages que j'ai rapportés?

Lorsque les Juifs furent emmenés captifs à Babylone, sous Nabuchodonosor, leur communication avec des peuples instruits leur fit naître nécessairement quelque goût pour les sciences: plusieurs de leurs rabbins commencèrent à étudier la géométrie, l'astronomie, l'optique, etc. Ces premières connaissances, quelque faibles qu'elles fus- An av. J. C. 588.

sent, s'étendirent et se perpétuèrent. Dans la suite, la dispersion totale des Juifs, après la prise de Jérusalem par les Romains, en fit comme un peuple nouveau : ils adoptèrent les usages, les occupations, les arts, etc., des nations chez lesquelles ils furent transplantés. On trouve des mathématiciens juifs dans la Grèce ; il s'en mêle parmi les Arabes. Ils traduisirent les Elémens d'Euclide, les ouvrages d'Archimède, ceux d'Apollonius, l'Almageste de Ptolémée. On cite même plusieurs rabbins fort savans dans ces matières ; mais on ne voit pas qu'ils y aient jamais fait aucune découverte importante et véritablement utile aux progrès de l'esprit humain.

XI.

Astronomie chinoise.

Les Chinois se présentent avec plus d'avantages. La sagesse de leurs institutions politiques, l'excellence de leur morale, un usage immémorial des arts libéraux et mécaniques utiles à la société ; tout annonce un peuple appliqué, industrieux, versé dans les sciences depuis un très-grand nombre de siècles. L'astronomie surtout attira ses premiers regards, le climat qu'il habite étant très-favorable aux observations. Mais peu contens d'une antiquité honorable et avouée par l'histoire, les Chinois l'ont tellement exagérée, qu'on ne pourrait y ajouter foi, quand même elle serait appuyée sur des fondemens aussi solides, aussi certains, qu'ils sont

réellement fragiles et controuvés. Je me vois donc obligé de combattre des prétentions qu'on ne peut adopter sans fermer les yeux à des vérités incontestables qu'elles contredisent.

D'abord les anciennes annales des Chinois ne contiennent qu'un amas de fables absurdes, qu'eux-mêmes ont été forcés d'abandonner; mais ils persistent à soutenir, sur la foi de quelques-uns de leurs auteurs qu'ils supposent fort instruits, que la nation chinoise, déjà florissante, a commencé à connaître les mouvemens des corps célestes sous l'empereur Yao, antérieur d'environ 2300 ans à l'ère chrétienne. Ils placent vers la même époque la fondation de leur fameux tribunal des mathématiques, toujours subsistant, malgré les revers qu'il a éprouvés dans une si longue suite de siècles. Les missionnaires envoyés à la Chine vers la fin du dix-septième siècle, pour y prêcher la religion chrétienne, entraînés par quelques apparences de vérité, ou par un sentiment de condescendance à la faiblesse d'un peuple vain qu'ils voulaient convertir et qu'il ne fallait pas choquer, adoptèrent sa merveilleuse histoire et la répandirent dans toute l'Europe. Pendant très-long-temps on ne s'est pas fort empressé d'en examiner l'authenticité. A la fin, cependant, l'œil de la critique s'est ouvert sur cet étrange système, et deux terribles adversaires, la chronologie

Mém. de l'ac. des belles-lett., tome XXXVI, page 164.

et l'astronomie, ont réuni leurs forces pour le renverser.

Je dis, 1.° la *chronologie*. On a reconnu que la succession des empereurs, à partir de l'époque d'où l'on suppose que l'histoire chinoise devient certaine, forme plusieurs lacunes considérables; que la plupart de ces princes ne sont connus que par leurs noms vrais ou prétendus; que les faits historiques sont de la plus grande stérilité, et quelquefois d'une absurdité manifeste; que l'ordre des dates y présente de nombreuses contradictions; qu'enfin l'histoire chinoise n'acquiert de la suite et un caractère de certitude qu'au temps de Confucius, c'est-à-dire, que vers l'année 460 avant l'ère chrétienne.

2.° L'*astronomie*. Les défenseurs de l'antiquité des Chinois dans les sciences, ont cru trouver dans le Chou-King, fragment des anciennes annales chinoises recueillies par Confucius, la mention d'une observation des solstices, faite du temps de l'empereur Yao, et d'une éclipse de soleil presqu'aussi ancienne; mais ce récit est si obscur et si peu détaillé, que les astronomes européens, ayant entrepris de soumettre au calcul les apparitions de ces phénomènes, n'ont pu parvenir à s'accorder dans les résultats. L'observation des solstices n'a aucune date précise; aucun signe de vérité: l'éclipse est placée par les uns en l'année 2154 avant Jésus-Christ, par les autres en l'année 2007. On cite en-

core une observation très-incertaine des solstices entre les années 1098 et 1104 avant l'ère chrétienne. La plus ancienne observation chinoise à laquelle on pourrait accorder quelqu'autorité, serait celle d'une éclipse de soleil qu'on suppose avoir été faite en l'année 776 avant Jésus-Christ, si l'on était bien certain d'ailleurs qu'elle n'a pas été calculée après coup.

Les annales recueillies par *Se Ma-Couang*, historien chinois du onzième siècle, marquent sous le règne de l'empereur *Tchouene-Yo*, qui commença cent cinquante ans avant celui d'Yao, une conjonction des cinq planètes, Saturne, Jupiter, Mars, Vénus et Mercure, dans la constellation que les Chinois appellent *Ché;* et pour caractériser cette conjonction, on ajoute l'année du cycle où elle a dû arriver, le jour de la syzygie et la position de cette syzygie par rapport à la constellation de Ché. D'après ces indications, M. Kirch, astronome de Berlin, et après lui le P. de Mailla, jésuite, ayant calculé, par les tables astronomiques, les conjonctions des planètes qui peuvent avoir eu lieu dans les temps anciens, ont trouvé une conjonction de quatre planètes, Saturne, Jupiter, Mars et Mercure, dans un espace de plusieurs degrés, aux environs de la constellation de Ché, en l'année 2449 avant l'ère chrétienne; mais, outre que cette prétendue conjonction est incomplète, puisqu'il y man-

Mém. de l'ac. des belles-lett. tom. x, p. 392.

Id. t. XVIII, page 284.

que Vénus, elle ne satisfait point aux conditions de l'année du cycle, ni de la syzygie, ni de la position de la syzygie. Dominique Cassini a placé la même conjonction en l'année 2012; et son calcul donne plus exactement que ceux de Kirch et de Mailla, la position des quatre planètes dans la constellation de Ché, mais il ne satisfait pas mieux aux autres conditions du problème. On a fait encore quelques tentatives aussi infructueuses pour tout concilier. Toutes ces incertitudes sont une forte probabilité que les Chinois n'ont jamais observé de conjonction des cinq planètes. Il est très-possible qu'elle ait été supposée par esprit de flatterie; car les Chinois, regardant les conjonctions des planètes comme un présage heureux pour les règnes de leurs empereurs, ne se font pas scrupule d'en forger quelquefois, ou de se rendre peu difficiles sur les conditions: témoin ce qui arriva en l'année 1725, la seconde année du règne de l'empereur Yong-Tching, où l'approximation de Mercure, Vénus, Mars et Jupiter fut donnée comme une conjonction, et inscrite comme telle dans les registres publics. L'opinion du P. Gaubil, jésuite, savant missionnaire astronome, est que la prétendue conjonction sous l'empereur Tchouene-Yo, n'a point d'autre fondement qu'un calendrier publié sous la dynastie des *Han*, qui commença à régner l'an 207 avant Jésus-Christ, et regardé, par les plus habiles Chinois, comme une

pièce supposée, laquelle même ne contient pas dans le texte la conjonction dont il s'agit, mais seulement dans une glose qui s'y est glissée au-dessus. Fréret achève de démontrer que ce *calendrier est l'ouvrage de quelque faussaire malhabile, qui ne savait pas même calculer.* *Id.* t. XVIII page 289.

Il paraît certain que l'astronomie chinoise ne date véritablement que de l'année 722 avant Jésus-Christ, c'est-à-dire, postérieurement de vingt-cinq ans à l'ère de Nabonassar. Dans l'ouvrage intitulé *Tchu-Tscou*, Confucius marque, depuis cette époque jusqu'à l'an 480 avant l'ère chrétienne, une suite de trente-six éclipses, dont trente-une ont été vérifiées par les astronomes modernes. Dès lors l'astronomie chinoise s'enrichit continuellement de nouvelles observations, fruit du travail et de la patience, non du génie; car il y a tout lieu de penser que les Chinois n'ont jamais été fort versés dans le calcul astronomique, et qu'ils ont eu souvent recours à des astronomes étrangers pour étendre ou rectifier leurs connaissances théoriques. Ainsi, par exemple, au temps des califes, plusieurs astronomes mahométans passèrent à la Chine, et furent mis à la tête du tribunal des mathémathiques. Il en a été de même souvent de nos missionnaires astronomes.

Je ne dois pas dissimuler qu'on a tiré de l'époque même où les observations chinoises commencent

à devenir certaines, une puissante objection contre l'ancienneté de ce peuple dans les sciences. Cette époque étant postérieure à celle de Nabonassar, qui sert de base aux supputations de l'astronomie chaldéenne et de l'astronomie grecque, on a conclu avec vraisemblance que les astronomes de Babylone, ou ceux de la Grèce, ont porté leurs connaissances à la Chine, puisqu'on est certain d'ailleurs qu'il y a eu, vers ces temps-là, des communications entre ces peuples.

Enfin, nous avons sous les yeux une preuve frappante de la médiocrité des Chinois dans l'astronomie. Malgré le concours de toutes les circonstances heureuses, beauté du ciel, encouragement des empereurs, qui auraient dû hâter le progrès de cette science parmi eux, elle y demeure toujours à peu près dans le même état : observations nombreuses, aucune théorie nouvelle. Attachée superstitieusement à ses anciens usages, à la stérile imitation de ses pères, à l'opinion qu'ils ont su tout ce qui était nécessaire à savoir, la nation chinoise paraît dépourvue de cette activité inquiète qui cherche à étendre ses connaissances et qui produit les découvertes.

XII.

Astronomie indienne.

Quelques savans regardent l'Inde comme le berceau de toutes les sciences, et principalement de

l'astronomie, qu'ils y font remonter à la plus haute antiquité. Ils citent en preuves les fameuses périodes indiennes, qui ne permettraient pas de douter, dans le cas où elles seraient bien exactes, bien claires, que les Indiens ne fussent très-versés autrefois dans la connaissance des mouvemens célestes. Mais toute cette origine est couverte d'épaisses ténèbres; tout y est systématique; on n'y marche qu'à l'appui de conjectures et de suppositions, souvent contradictoires, toujours incertaines.

D'autres savans, donnant peut-être dans l'extrémité opposée, prétendent que l'astronomie indienne, loin d'avoir une origine si reculée, est l'ouvrage des Arabes, qui la transmirent aux Indiens, vers le milieu du neuvième siècle.

Une troisième opinion, plus vraisemblable, place l'origine de l'astronomie dans l'Inde, au temps où Pythagore voyagea dans ce pays, et y répandit les connaissances de tous les genres, dont il était rempli.

Mon dessein n'est pas de m'enfoncer dans ces longues et ténébreuses discussions, d'où il résulterait sans doute beaucoup d'ennui et peu d'instruction pour mes lecteurs. Je me borne à présenter ici un tableau succinct des notions que nous avons sur l'astronomie siamoise, d'après un vieux manuscrit que M. de la Loubère, ambassadeur de France à Siam en 1687, rapporta de son voyage.

XIII.

Astronomie siamoise.

On ignore si, dans la haute antiquité, les Siamois avaient leur astronomie particulière, ou si elle ne leur était pas commune avec les autres peuples de l'Inde; mais il est vraisemblable que toutes les connaissances de ces nations orientales devaient être à peu près les mêmes. Le manuscrit dont il s'agit contenait une méthode pour calculer les mouvemens de la lune et du soleil, laquelle était fondée sur l'addition, la soustraction, la multiplication et la division de certains nombres dont on ne voyait point le fondement, ni même les objets auxquels ils pouvaient se rapporter. Pour débrouiller ce cahos, il fallait un homme profondément versé dans la théorie et la pratique des calculs astronomiques. On s'adressa au célèbre Dominique Cassini; éminemment pourvu de ce double avantage. Il reconnut d'abord que ces nombres mystérieux cachaient diverses périodes d'années solaires, de mois lunaires, et d'autres révolutions, et la correspondance des unes aux autres; qu'ils renfermaient aussi diverses espèces d'époques, confondues ensemble, telles que l'époque civile, l'époque des mois lunaires, celle des équinoxes, celle des apogées et celle du cycle lunaire; qu'on y entremêlait au calcul du soleil des choses qui n'appartiennent qu'à la lune, et d'autres qui ne sont nécessaires ni à l'un ni à l'autre;

Anc. mém. de l'académie, tome VIII, page 213.

qu'on y confondait ensemble des années solaires et des années lunisolaires, des mois de la lune et des mois du soleil, des mois civils et des mois astronomiques, des jours naturels et des jours artificiels; qu'on y divisait le zodiaque, tantôt en douze signes, selon l'ordre des mois de l'année; tantôt en vingt-sept parties, selon le nombre de jours que la lune emploie à parcourir le zodiaque; et tantôt en trente parties, selon le nombre de jours que la lune met à retourner au soleil, etc. Telle était l'immensité des objets qu'il fallait démêler et séparer, pour parvenir au moyen de soumettre à des règles générales l'ordre et l'apparition des phénomènes. Cassini commença par fixer l'époque astronomique d'où ils devaient être comptés; il trouva qu'elle répondait à l'année 638 de l'ère chrétienne; il remarqua ensuite que l'époque civile était différente, et il découvrit leur rapport. Par la combinaison de ces divers *élémens,* il se rendit raison de tous les calculs indiqués dans le manuscrit indien; il détermina l'objet de chaque opération. Il résulte de ses explications, que les Indiens et les Siamois connaissaient vers le temps de l'époque astronomique, la distinction de l'année solaire tropique et de l'année anomalistique, l'équation du centre de l'orbite solaire, les deux principales équations de la lune, et le cycle de dix-neuf années solaires qui comprend deux cent trente-cinq lunaisons. Toutes ces théo-

ries n'auraient pu être que le résultat d'une longue suite d'observations exactes; mais on conjecture que Cassini, par une illusion de son profond savoir, a plutôt soupçonné ou introduit qu'il n'a réellement trouvé ces théories dans les logogriphes qu'on lui avait donnés à deviner. Du reste, ceux qui voudraient s'appuyer de cette autorité de Cassini pour reculer l'origine de l'astronomie indienne, ne pourraient la faire remonter que vers le temps de Pythagore; et alors il est possible que ce philosophe ait enseigné l'astronomie aux Indiens, comme je l'ai déjà remarqué. Les Siamois de notre temps ont bien dégénéré du savoir réel ou prétendu de leurs pères : toute leur astronomie se borne à quelques méthodes routinières de calculer les éclipses.

XIV.

Astronomie des Phéniciens.

An av. J. C. 900.

Il n'est sans doute pas permis de placer les Phéniciens, ces premiers commerçans du monde, au nombre des astronomes. Cependant on ne peut pas nier qu'ils n'eussent d'assez grandes connaissances, au moins pratiques, du mouvement des astres, pour se conduire dans les navigations lointaines qu'ils entreprirent. Lorsqu'ils eurent le courage de se commettre en mer, ils commencèrent par diriger leurs routes relativement à certaines étoiles du nord, qu'ils ne perdaient jamais de vue.

Peu à peu, et de proche en proche, ils firent de longs voyages sur la Méditerranée; ils y fondèrent des colonies; ils passèrent le détroit de Gibraltar; ils fondèrent Cadix sur les côtes d'Espagne; ils s'étendirent le long des côtes de l'Afrique : on prétend qu'ils doublèrent le cap de Bonne-Espérance, et qu'ils allèrent former des établissemens sur la côte orientale de l'Afrique, etc. Le savant Huet est entré à ce sujet dans des détails fort curieux, dans son *Histoire du commerce et de la navigation des anciens,* qu'on peut consulter.

Plusieurs autres peuples, imitant l'exemple des Phéniciens, ou conduits par leur propre industrie, se livrèrent à la navigation et au commerce. On connaît les colonies de Marseille, de Tarente et de Sicile, que les anciens Grecs fondèrent, avant les grandes découvertes astronomiques par lesquelles la nation s'est acquis, dans l'histoire des sciences, presqu'autant de gloire, et peut-être plus d'éclat, que par les ouvrages de ses géomètres.

XV.

Astronomie grecque.

An av. J. C. 640.

On regarde Thalès de Milet comme le premier qui ait répandu dans la Grèce les connaissances véritablement scientifiques de l'astronomie. Sans doute il en avait puisé les élémens dans l'Egypte; mais il les étendit par ses propres méditations, et c'est à lui qu'il faut rapporter le mouvement remarquable

qui se fit alors dans cette science, et qui alla toujours en augmentant pendant plusieurs siècles. Il apprit à ses compatriotes la cause de l'inégalité des jours et des nuits; il leur expliqua la théorie des éclipses, et la manière de les prédire; lui-même mit son art en pratique sur une éclipse de soleil, qui arriva en effet peu de temps après telle qu'il l'avait annoncée. Toutes ces choses parurent alors si nouvelles, si extraordinaires, qu'elles firent à Thalès la plus haute réputation, et qu'elles lui attirèrent une foule d'illustres disciples. On cite principalement dans ce nombre le philosophe Anaximandre, qui devint son successeur à la place de chef de l'école de Milet.

Anaximandre eut quelqu'idée de la rondeur de la terre : on lui attribue l'invention des globes célestes et des cartes géographiques ; il fit construire à Lacédémone un gnomon, par le moyen duquel il détermina l'obliquité de l'écliptique, les solstices et les équinoxes.

XVI.

Les Grecs augmentent ou perfectionnent la division du ciel en constellations.

Dès l'origine de l'astronomie, on avait senti l'avantage ou même la nécessité de partager le ciel étoilé en constellations, comme on partage la surface de la terre habitée en continens, royaumes, provinces, cantons, etc. Cette espèce de division ne put être d'abord que très-imparfaite, à raison de

l'inexactitude inévitable dans la manière de classer les étoiles, ou d'en faire le dénombrement : elle fut perfectionnée par les Grecs vers le temps de Thalès et d'Anaximandre.

Les premiers noms imposés aux étoiles avaient des étymologies tirées des instrumens du labourage, de la figure de certains animaux, de quelques pratiques utiles, etc. Les Grecs changèrent, étendirent ou perfectionnèrent cette nomenclature, quelquefois informe ou bizarre. Une imagination vive et brillante, qui dirigeait toutes les conceptions de ce peuple ingénieux, répandait des grâces et des images agréables sur la sécheresse naturelle du sujet. Par exemple, il y a une constellation composée de plusieurs étoiles fort rapprochées, et suivie d'une étoile remarquable par son éclat et sa grandeur; on appela cet amas d'étoiles la constellation des *Pléiades*, mot qui veut dire *multitude;* et la grande étoile, du nom d'homme *Orion* : on feignit que les Pléiades étaient filles d'*Atlas* et de la nymphe *Pléione*, et qu'Orion était un géant amoureux d'elles, sans cesse occupé à les poursuivre. Tout le ciel des Grecs était ainsi plein d'emblèmes fabuleux ou historiques, qui égayaient ou soulageaient la mémoire sans distraire l'esprit.

XVII.

Zodiaque.

Les constellations qui forment le zodiaque sont les plus remarquables. Chaque peuple a eu son zodiaque particulier, c'est-à-dire un zodiaque composé d'un plus ou moins grand nombre de constellations, ou d'un plus ou moins grand nombre d'étoiles dans chaque constellation. On ne comprit d'abord sous cette dénomination générale que la suite des étoiles placées sur les chemins du soleil et de la lune. Le zodiaque des Grecs a plus d'étendue : il contient non-seulement les orbites du soleil et de la lune, mais encore celles de Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne; il a environ seize degrés de largeur. L'opinion la plus ancienne et la plus probable est qu'ils l'ont emprunté des Egyptiens : une inscription trouvée dernièrement en Egypte appuie cette conjecture. Il prit une forme régulière au siècle de Thalès; il s'est répandu dans toute l'Europe, et nous n'en avons pas d'autre aujourd'hui. Il est divisé en douze constellations, dont les noms et l'ordre d'occident en orient sont exprimés par les deux vers suivans :

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
[Le Bélier] [le Taureau] [les Gémeaux] [le Cancer] [le Lion] [la Vierge]

Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.
[la Balance] [le Scorpion] [le Sagittaire] [le Capricorne] [le Verseau] [les Poiss]

Les savans ont disputé pour savoir si les cinq planètes, Saturne, Jupiter, Mars, Vénus et Mercure, étaient connues avant les Grecs. Il est bien difficile qu'on ne les ait pas remarquées dès les temps les plus reculés de l'astronomie, et que même on n'ait pas pris des idées générales, non-seulement de leurs révolutions totales d'occident en orient, mais encore des variations qui font paraître ces mouvemens tantôt nuls, tantôt directs, tantôt rétrogrades. Mais il est fort douteux que les astronomes grecs, lors de la première formation ou du renouvellement de leur zodiaque, aient eu des notions assez justes de l'inclinaison des orbites planétaires relativement au plan de l'écliptique, pour comprendre ces orbites dans l'étendue qu'on leur connaît aujourd'hui. En effet, suivant l'opinion des astronomes les plus érudits, les premières observations un peu précises qu'on a faites du mouvement et des apparences de Saturne, Jupiter, Mars, Vénus et Mercure, ne remontent que d'environ trois cents ans plus haut que l'ère chrétienne. On n'est parvenu qu'à force de temps et d'observations à débrouiller et à expliquer, d'une manière plausible, toutes les bizarreries de ces mouvemens. Mercure, comme très-souvent plongé dans les rayons du soleil, a présenté à cet égard le plus de difficultés. Il est vraisemblable que le premier zodiaque des Grecs ne comprenait que le

Stations, directions et rétrogradations des planètes.

cours du soleil et de la lune, dont les orbites se coupent sous un angle d'environ cinq degrés.

XVIII.

Comètes.

On sait aujourd'hui que les comètes sont, comme la lune et la terre, des corps solides et opaques, errans dans les espaces célestes suivant toutes sortes de directions. Les anciens n'avaient que des idées fausses sur la nature de ces corps; ils les regardaient comme de simples météores que l'Être-Suprême faisait paraître de temps en temps pour manifester sa colère, ou pour annoncer quelqu'événement extraordinaire. Les apparitions rares et subites des comètes, leurs mouvemens irréguliers, ces longues *queues*, ou traînées de lumière, dont elles étaient accompagnées, et qui se présentent sous différentes formes bizarres, commencèrent par épouvanter les yeux et l'imagination: tout portait au peuple crédule et superstitieux à placer les comètes dans un ordre particulier de phénomènes momentanés, destinés par le créateur à des indications que l'on interprétait à volonté. Quelqu'opinion que les astronomes eussent des comètes, ils ne se mettaient guère en peine d'observer des corps qui, après avoir paru sur l'horizon pendant des temps fort courts, disparaissaient tout à coup sans laisser espérance de retour. L'astronomie des comètes est une science moderne dont je

parlerai dans la suite. Ici cependant la justice demande que je rende hommage à Sénèque. Par l'effort d'une philosophie supérieure aux idées de son siècle, il n'adoptait point les préjugés reçus sur la nature des comètes. « Je ne suis pas, dit-il, de l'avis » de nos philosophes ; je ne regarde pas les comè- » tes comme des feux passagers, mais comme un » des ouvrages éternels de la nature..... Est-il sur- » prenant que les comètes, spectacle si rare dans » le monde, ne soient pas encore assujéties à » des lois sûres, et qu'on ne connaisse pas le com- » mencement et la fin de la révolution de ces corps » qui ne reparaissent qu'au bout d'un long interval- » le ?..... Le temps et les recherches amèneront à » la longue la solution de ces problèmes..... Il vien- » dra un temps où nos descendans seront étonnés » que nous ayons ignoré des vérités si claires ».

Senec. Nat. Quæst. lib. 7, cap. 22, 24 et 25.

XIX.

Travaux des philosophes pythagoriciens dans l'astronomie.

L'école que Pythagore avait fondée en Italie, faisait une étude particulière de l'astronomie. Pythagore, secondé par ses premiers disciples, démontra avec évidence la rondeur de la terre, qu'Anaximandre n'avait fait que soupçonner. Ayant observé qu'une même étoile paraît s'élever ou s'abaisser, pour un voyageur qui va d'un endroit à un autre un peu éloigné, ils conclurent, contre le témoignage des sens, que la surface de la terre ne

doit pas former une simple plaine étendue en ligne droite, mais une enveloppe courbe et sphérique. Pythagore eut une autre idée tout aussi vraie, mais bien plus extraordinaire, eu égard au temps où il vivait : il jugea que le soleil est immobile au centre du monde planétaire, et que la terre tourne autour de lui dans les espaces célestes, avec les autres planètes : système qui a été développé et démontré dans les temps modernes. Mais comme cette opinion choquait alors ouvertement les apparences et les préjugés vulgaires, Pythagore se bornait à la communiquer en secret à ses disciples, soit que, ne pouvant l'établir sur un nombre suffisant d'observations, il ne la regardât que comme une simple hypothèse très-vraisemblable ; soit que peut-être il craignît, en la mettant au grand jour, de s'exposer à la dérision publique ; ou même, ce qui était plus dangereux, de soulever contre lui l'ignorance et le fanatisme. En effet, ces deux ennemis de la raison humaine ont exercé leur despotisme et leurs persécutions dans tous les siècles : il n'est pas besoin de descendre aux temps modernes pour en trouver d'insignes exemples. On sait qu'environ cent ans après Pythagore, le philosophe Anaxagoras fut accusé d'impiété, et condamné au bannissement, pour avoir dit que le soleil était *une masse de matière enflammée* : quelques auteurs ajoutent qu'il n'é-

chappa au dernier supplice que par le crédit de Périclès, son disciple et son ami.

XX.

Efforts des astronomes pour comparer les mouvemens du soleil et de la lune.

Quelques observations imparfaites avaient d'abord fait croire que l'année solaire est de 365 jours : on trouva par degrés qu'elle est sensiblement plus longue; les Egyptiens et les premiers astronomes grecs la portèrent à 365 jours 6 heures : ce qui excède sa vraie durée d'environ 11 minutes. Cet important élément de l'astronomie s'est perfectionné successivement jusqu'à nos jours; et enfin, par la combinaison d'un très-grand nombre d'observations anciennes et modernes, on lui donne aujourd'hui, pour valeur, 365 jours 5 heures 48 minutes 48 à 49 secondes.

La lune, quoique plus voisine de nous, et plus rapide dans son mouvement que le soleil, présente néanmoins plus de difficultés pour la mesure de sa révolution. Il a fallu une immense quantité d'observations et de calculs pour en reconnaître la durée par rapport au premier point de l'écliptique, au soleil, aux étoiles fixes, à l'apogée et aux nœuds de l'orbite lunaire.

On avait remarqué depuis long-temps que le mois synodique était à peu près de 29 jours et demi. Pour éviter la fraction, on supposa que les douze mois synodiques, compris dans l'année solaire, seraient

alternativement de 29 jours et de 30 jours; les premiers furent appelés *mois caves*, et les autres *mois pleins*. Cette détermination donnait 354 jours pour la durée de douze lunaisons synodiques : durée qu'on regardait comme égale à celle de l'année solaire ; mais on se trompait beaucoup en ce point, la durée de l'année solaire ayant la longueur que j'ai rapportée ci-dessus.

Lorsqu'on eut reconnu l'inexactitude de cette comparaison, on chercha divers moyens de la corriger par l'intercalation de quelques jours ou de quelques mois lunaires sur un certain nombre de révolutions solaires. Tout cela n'était qu'un palliatif, et les erreurs revenaient toujours par la succession des temps. Les Egyptiens ayant senti de très-bonne heure la difficulté d'établir une correspondance exacte entre les mouvemens du soleil et de la lune, prirent uniquement le mouvement du soleil pour base de la mesure fondamentale du temps, en se contentant d'y rapporter à peu près le mouvement de la lune, dont la connaissance était nécessaire pour le calcul des éclipses. Par une considération semblable, d'autres astronomes, et en particulier les Arabes, réglèrent la mesure du temps sur le mouvement de la lune. Cette dernière méthode avait l'inconvénient d'être indirecte, embarrassante dans l'usage, et fort sujette à erreur.

XXI.

Les astronomes grecs s'obstinèrent à vouloir concilier les mouvemens de ces deux astres. Une persévérance infatigable dans cette recherche leur fit entreprendre un très-grand nombre de nouvelles observations, auxquelles ils apportèrent une telle exactitude, une telle critique, qu'on doit attribuer à ce travail la principale cause des progrès de l'astronomie grecque.

Un peu après Thalès, un astronome de l'île de Ténédos, nommé *Cléostrate,* proposa une période lunisolaire de huit années solaires, composée de quatre périodes partielles qui étaient chacune de deux ans, et dans lesquelles on intercalait seulement trois fois un mois lunaire plein. Les trois mois intercalaires s'ajoutaient à la fin de la troisième, de la cinquième et de la huitième année. Cette période fut appelée *octaétéride :* elle est très-simple, comme on voit; et elle serait parfaitement exacte, si l'année solaire était de 365 jours 6 heures, et l'année lunaire de 354 jours : car les huit années solaires donneraient 2922 jours, et les huit années lunaires augmentées de 90 jours, qui forment la valeur des trois mois intercalaires, donnent pareillement 2922 jours. Mais les deux bases de la période étant erronées, elle porte à faux, et on ne tarda pas à s'a-

Période de Cléostrate.
An av. J. C. 550.

percevoir qu'elle s'écartait beaucoup de la vérité.

Cycle métonien.

An av. J. C. 433.

Plusieurs autres tentatives du même genre n'eurent guère plus de succès. On approchait cependant toujours de plus en plus du but : deux astronomes athéniens, Méton et Euctémon, eurent, au moins pour un temps, la gloire de l'avoir atteint. En combinant avec sagacité toutes les observations alors connues, ils formèrent une période luni-solaire, ou un cycle de dix-neuf années solaires, dont douze étaient composées de douze lunaisons, et les sept autres de treize lunaisons ; ce qui faisait en tout 235 lunaisons. Ils distribuèrent par intervalles, sur la durée totale des années du cycle, les nombres inégaux de lunaisons. Les années où l'on intercalait étaient la 3.ᵉ, la 6.ᵉ, la 8.ᵉ, la 11.ᵉ, la 14.ᵉ, la 17.ᵉ et la 19.ᵉ De plus, au lieu de supposer, suivant l'usage ordinaire, que l'année lunaire était composée de six mois pleins et de six mois caves, ils formèrent leurs 235 lunaisons avec 125 mois pleins et 110 mois caves ; ce qui donne 6940 jours pour la durée totale des 235 lunaisons. Cette durée est aussi à peu près celle des 19 années solaires. Le cycle fut mis en usage à compter du 16 juillet de l'année 433 avant Jésus-Christ ; il fut appelé *le cycle métonien*, sans doute parce que Méton eut la principale part à l'invention.

Cette découverte, où l'on remarqua une grande science astronomique, et toutes les apparences

d'une grande exactitude, eut un tel succès et un tel éclat dans la Grèce, qu'on fit graver en lettres d'or, sur des tables d'airain, l'ordre de la période, d'où lui est venu le nom de *nombre d'or.* Elle a servi de base, pendant long-temps, au calcul du calendrier chez toutes les nations de l'Europe; elle est même encore en usage, au moyen des modifications et des changemens dont on a reconnu qu'elle a besoin de temps en temps : car, dans la rigueur astronomique, elle manque de justesse, tant par rapport au mouvement de la lune, que par rapport à celui du soleil. Les 6940 jours surpassent la durée véritable des 235 lunaisons d'environ 7 heures 28 minutes, et la durée véritable des 19 années solaires d'environ 9 heures 28 minutes; de plus, les nouvelles lunes, les pleines lunes et autres phases, n'arrivent pas exactement aux mêmes époques d'un cycle à l'autre.

Ces défauts étant devenus sensibles au bout de quatre ou cinq cycles, Callipe, autre astronome athénien, proposa un nouveau cycle composé de 76 années solaires, ou de 4 cycles métoniens, dont il retranchait un jour au bout de ce temps; de sorte que la période comprenait trois parties, chacune de 6940 jours, et une quatrième de 6939 jours seulement. Par là, en s'éloignant de la simplicité du cycle métonien, il obtint plus d'exactitude; mais les mouvemens de la lune et du soleil n'étaient en-

n av. J. C. 330.

core représentés, ni l'un ni l'autre, avec une précision suffisante; et le grand problème de la coïncidence absolue de ces mouvemens restait toujours à résoudre. Les astronomes grecs postérieurs firent de vains efforts pour surmonter entièrement la difficulté.

XXII.

Obstacles à la perfection des cycles.

Toutes les nations ont eu des cycles, des calendriers particuliers : aucune n'a réussi et ne pouvait réussir à faire cadrer parfaitement les mouvemens du soleil et de la lune.

Les lecteurs versés dans la théorie de la gravitation universelle des corps célestes en comprendront facilement la raison. Un cycle parfait devrait, en se renouvelant continuellement, ramener le soleil et la lune au même point du ciel à la fin de chaque révolution; et les nouvelles lunes, les pleines lunes, etc., aux mêmes époques, d'un cycle à l'autre. Or, la réunion de toutes ces conditions est comme impossible. En effet, 1.° le mouvement de la lune autour de la terre étant sans cesse altéré par l'attraction du soleil, et par les attractions des autres corps célestes de notre système planétaire, et de même le mouvement apparent du soleil autour de la terre, ou le mouvement réel de la terre autour du soleil, étant troublé par l'attraction de la lune et des autres planètes, ne serait-ce pas un pur

effet du hasard, que dans deux cycles consécutifs, surtout s'ils ne sont pas très-courts, la lune et la terre se trouvassent chacune exactement dans la même situation par rapport aux forces qui les sollicitent, et que les temps des révolutions cyclaires fussent exactement égaux ? 2.° Quand même les temps des révolutions cyclaires seraient égaux, les intervalles de temps compris entre les phases de même nature, dans la succession des cycles, ne seraient pas égaux; car, par exemple, les temps d'une nouvelle lune à l'autre varient continuellement, et sont sujets à plusieurs inégalités produites par les attractions des corps environnans. Voilà donc encore une nouvelle source d'imperfection dans les cycles. Concluons qu'ils ne peuvent jamais servir qu'à indiquer à peu près la correspondance des mouvemens du soleil et de la lune. Le calcul astronomique est incomparablement plus sûr et plus exact : aussi les sociétés savantes sont-elles dans l'usage, depuis plus d'un siècle, de publier des éphémérides pour faire connaître à l'avance l'état du ciel aux marins et aux observateurs : recueils très-utiles en effet aux uns et aux autres.

XXIII.

Dès l'établissement de l'école de Platon il s'y forma plusieurs astronomes, dont les utiles travaux sont perdus, ou ne se sont conservés qu'en substance

Travaux astronomiques de l'école platonicienne.

et par fragmens dans quelques anciens ouvrages. On distingue principalement, entre ces astronomes, Eudoxe, que nous avons déjà cité comme géomètre. Il était grand observateur; il avait écrit plusieurs ouvrages d'astronomie : on montrait, encore long-temps après sa mort, l'observatoire qu'il avait fait construire à Gnide, sa patrie. Il publia, pendant plusieurs années, des éphémérides célestes, très-renommées, que l'on affichait dans des lieux publics, tels que le Prytanée à Athènes.

Sphère d'Eudoxe.

Quelques auteurs parlent vaguement d'une sphère d'Eudoxe, à laquelle ils attribuent une antiquité de douze ou treize cents ans par-delà Jésus-Christ. On ne connaît d'ailleurs, en aucune manière, cet ancien Eudoxe. Cette obscurité a donné lieu à d'autres savans de penser plus vraisemblablement que l'explication des mouvemens célestes, connue sous le nom de *sphère d'Euxode,* est l'ouvrage du philosophe platonicien, et que par conséquent elle ne remonte qu'au quatrième siècle avant l'ère chrétienne. Elle était destinée à faire connaître, pour le climat de la Grèce, les levers et les couchers du soleil et de la lune, ceux des constellations, les nouvelles lunes, etc. Notre philosophe astronome avait composé sur ces matières deux ouvrages connus et cités par les anciens astronomes : l'un était la description des constellations; l'autre traitait de leurs levers et de leurs couchers.

On a reproché à Eudoxe d'avoir cherché à rendre raison des apparences des planètes par une complication de cercles emboîtés les uns dans les autres, et soumis à des mouvemens, sinon absolument incompatibles, au-moins très-peu vraisemblables. Mais pouvait-il faire mieux dans le temps où il a vécu, ignorant ou n'osant admettre le mouvement de la terre, qui explique tout cela d'une manière si simple? Et ne lui doit-on pas quelque reconnaissance d'avoir appelé la physique au secours de l'astronomie, quoiqu'il n'ait pas deviné le véritable mécanisme de la nature?

Sous Anthiocus-Gonàthas, roi de Macédoine, An av. J. C 276.
Aratus mit en vers grecs, par ordre de ce prince, l'astronomie connue de son temps. Ce poëme, qui nous est parvenu tout entier, est divisé en deux livres, dont le premier, sous le titre de *Phénomènes*, contient l'explication de la sphère d'Eudoxe; l'autre, intitulé *les Pronostics*, non pas au sens de l'astrologie judiciaire qui n'avait pas encore infecté l'astronomie, expose les signes physiques, avant-coureurs de la pluie et du beau ou du mauvais temps. Il eut beaucoup de réputation parmi les anciens. Cicéron a traduit en latin les Phénomènes; nous avons aussi une grande partie de ce poëme, traduite dans la même langue par Germanicus, ce prince si cher aux Romains, victime de la cruelle jalousie de Tibère; enfin il en existe encore une

troisième traduction, faite par Avienus, qui vivait sous Théodose.

XXIV.

Astronomie chez les peuples occidentaux de l'Europe.

Pendant que l'astronomie faisait de si grands pas dans la Grèce, elle était cultivée avec succès par quelques peuples occidentaux de l'Europe. On compte dans ce nombre les anciens Gaulois. César rapporte que les Druides, parmi les instructions qu'ils donnaient à la jeunesse, lui enseignaient particulièrement ce qui regarde le mouvement des astres, et la grandeur du ciel et de la terre, c'est-à-dire, l'astronomie et la géographie. Si les Gaulois n'ont pas laissé d'observations, ou si le temps les a détruites, nous savons du moins qu'ils étaient très-versés dans la navigation, qui est essentiellement liée avec l'astronomie. Dominique Cassini, dans son *Essai sur l'origine et les progrès de l'ancienne astronomie*, raconte qu'ils avaient fondé des colonies sur les côtes d'Espagne, sur le Pont-Euxin et en plusieurs autres endroits.

Com. lib. 1.

Anc. mém. de l'académie, tome VIII.

An av. J. C. 380.

Pithéas, célèbre astronome, natif de Marseille, observa dans cette ville la hauteur méridienne du soleil, au temps des solstices, par le moyen d'un gnomon. L'objet de cette observation était simplement de déterminer la latitude de Marseille. Par la comparaison du résultat avec celui des observations modernes, quelques astronomes ont conclu que

l'obliquité de l'écliptique avait diminué depuis ce temps d'environ une minute par siècle. Il est certain, comme nous le verrons expressément dans la suite, que l'obliquité de l'écliptique va en diminuant; mais l'observation de Pithéas, ou n'a pas été faite avec assez de précision, ou ne nous a pas été transmise d'une manière assez authentique pour faire connaître bien sûrement la quantité de cette diminution.

Ce même philosophe ne se borna pas à observer les phénomènes de la nature dans son pays : il voyagea dans les pays éloignés; il pénétra très-avant vers le nord, par l'Océan occidental. A mesure qu'il avançait, il remarquait un progrès sensible dans la diminution des nuits au solstice d'été. Étant parvenu à une île, qu'il appela l'*île de Thulé,* il vit que le soleil se levait presqu'aussitôt qu'il était couché; ce qui arrive dans l'Islande et dans les parties septentrionales de la Norwège : d'où l'on a conclu qu'il avait pénétré dans ces climats. Les anciens qui les regardaient comme inhabitables ; traitaient de fables les relations de Pithéas; mais les navigateurs modernes ont reconnu la vérité des faits qu'il avait avancés, et lui ont assuré la gloire d'avoir, le premier, appris à distinguer les climats par la différente longueur des jours et des nuits.

On attribue à Pithéas plusieurs autres découvertes, comme d'avoir fait connaître aux Grecs que

l'étoile polaire n'est pas située au pôle même, et qu'avec trois autres étoiles voisines elle forme un quadrilatère dont le pôle est à peu près le centre; d'avoir indiqué la liaison du phénomène des marées avec le mouvement de la lune, etc.

XXV.

Suite de l'astronomie grecque.

An av. J. C. 330.

Le goût d'Alexandre pour les sciences, et surtout l'envie de faire connoître à la postérité les pays où il avoit porté ses conquêtes, furent très-utiles à l'astronomie, et en général à toutes les parties de la philosophie naturelle. Il fit prendre une connaissance exacte et détaillée de tous ces pays, non pas seulement d'après l'estime et les relations toujours incertaines des voyageurs, mais par des mesures immédiates, et en observant la correspondance des objets terrestres avec les positions des étoiles dans le ciel. Dès-lors la géographie, se liant avec l'astronomie, devint peu à peu une véritable science qui s'étendit et se perfectionna, et dont le commerce retira les plus grands avantages, par les communications qu'elle établit entre les peuples. Callisthène, dont j'ai déjà parlé, était chargé de la direction de ce travail.

Aristote écrivit de plus, par ordre d'Alexandre, plusieurs ouvrages sur ces matières. Le livre *de Mundo*, qu'on lui attribue, contient une description de l'ancien monde, que l'auteur divise en trois

grands continens, l'Europe, l'Asie et l'Afrique. Dans celui *de Cœlo*, Aristote prouve la forme sphérique de la terre, par la rondeur de l'ombre qu'elle jette sur la lune dans les éclipses de ce satellite; il la prouve aussi par les changemens qui paraissent arriver aux hauteurs des étoiles, à mesure qu'on s'éloigne ou qu'on s'approche des pôles; il conclut de ces mêmes changemens que l'étendue de notre globe ne doit pas être fort considérable. Voici ce qu'il dit à ce sujet, chap. XIV : j'emploie la traduction de Jacques Cassini, en l'abrégeant un peu, et en y faisant quelques légères corrections de style. Fig. de la terre, p. 12.

« Dans les éclipses de lune, la ligne qui distingue » la partie éclipsée, est toujours courbe; et comme » la lune est éclipsée par l'ombre de la terre, il est » certain que cette courbure est causée par la » convexité de la terre qui est sphérique. On juge » de plus, par les apparences des astres, que non-» seulement la terre est ronde, mais encore que » son étendue n'est pas très-considérable; car pour » peu que l'on fasse de chemin vers le midi ou vers » le nord, l'horizon se diversifie manifestement, » de telle manière que les étoiles qui sont sur » notre tête viennent à changer et ne sont plus » les mêmes pour ceux qui voyagent vers le midi, » que pour ceux qui voyagent vers le nord. Par la » même raison, on voit en Egypte et aux environs

» de l'île de Chypre des étoiles qui ne paraissent pas » dans les pays septentrionaux; et certaines étoiles, » visibles dans ces derniers pays, ne le sont pas » dans les premiers. Or, si la terre n'était pas » ronde, ou si elle avait une immense étendue, » il n'arriverait pas de si grands changemens aux » étoiles, pour de si petits changemens de lieux » sur la terre »....

Aristote ajoute : « Les mathématiciens qui tâ- » chent de déterminer la grandeur de la circonfé- » rence de la terre, disent qu'elle est de quatre » cent mille stades ».

Il est évident, par ces dernières paroles, que les mathématiciens dont il s'agit, supposaient que la terre est ronde, et qu'elle n'a pas une grande étendue par rapport aux autres astres; ce qui est conforme à l'opinion des pythagoriciens qui met- taient la terre au nombre des planètes, et qui la faisaient tourner autour du centre du monde, où ils plaçaient le soleil. Aristote n'admettait point ce mouvement de la terre; au contraire il le réfute expressément dans les chapitres qui précèdent celui dont nous avons extrait les passages rapportés ci-dessus. La plupart des savans croient donc qu'il n'a parlé qu'en historien sur toute cette matière, et que la mesure de la terre, dont il fait mention, était l'ouvrage des pythagoriciens; ils s'appuient sur une ode d'Horace qui appelle *mesureur de la*

terre, le philosophe pythagoricien Archytas, qui avait été le maître de Platon :

Te maris et terræ, numeroque carentis
Arenæ mensorem cohibent, Archyta. Od. 28, lib. 1.

Néanmoins, d'autres savans ne donnent pas le même sens à cette expression : *mesureur de la terre;* ils pensent qu'Horace a voulu dire qu'Archytas avait fait des calculs dans le genre de ceux qu'on trouve dans l'*Arenaire* d'Archimède, qui a supputé les grains de sable que renfermerait une sphère d'un rayon égal à celui du globe terrestre, ou à la distance de la terre à la lune, ou au soleil, etc. Je n'entre pas dans cette discussion : je me borne à observer qu'il n'existe aucune preuve historique, qu'au temps même d'Aristote, on ait déterminé les dimensions de la terre par des principes géométriques et astronomiques.

XXVI.

La première solution de ce problème a été généralement attribuée à Érathostène ; et, ceux qui ont cherché à la lui ravir, n'ont pu s'appuyer que sur des conjectures destituées de fondement.

Voyez Cléomède. Cycl. théor. lib. 1, cap. 10.

Instruit que dans la ville de Syène, située sur les confins de l'Éthiopie, à peu près sous le même méridien qu'Alexandrie, il existait un puits que le soleil, au solstice d'été, éclairait verticalement dans

toute sa profondeur, Erathostène fit construire à Alexandrie un hémisphère concave, sur le fond duquel s'élevait un style vertical dont le sommet était le centre de courbure de l'hémisphère; ensuite, feignant que la ville de Syène était placée sur la direction verticale du style, il observa qu'à midi, au solstice d'été, l'arc compris entre le pied du style, et le point où le sommet du style envoyait, par son ombre, l'image du soleil sur la concavité de l'hémisphère, était la cinquantième partie de la circonférence entière : d'où il conclut, que l'arc céleste compris entre Alexandrie et Syène, était de cette même quantité, et que, pareillement, l'arc terrestre compris entre ces deux villes, était la cinquantième partie de la circonférence d'un grand cercle de la terre. Or, par la mesure immédiate de ce dernier arc, on trouva qu'il était de cinq mille stades; ce qui donne deux cent cinquante mille stades pour la longueur de la circonférence d'un grand cercle de la terre, et six cent quatre-vingt-quatorze stades et quatre neuvièmes pour celle d'un degré. Dans la suite, quelques astronomes voulant éviter les fractions, ou, croyant qu'on ne pouvait pas répondre de cinq à six stades sur la longueur d'un degré terrestre, portèrent la longueur du degré à sept cents stades. Érathostène fut regardé, en son temps, comme un homme prodigieux, pour avoir conçu et exécuté une si grande opération.

Il s'agirait maintenant de connaître le rapport du stade à l'une de nos mesures modernes, afin de pouvoir comparer le degré terrestre d'Erathostène avec le degré moderne, qui a été trouvé, comme nous le verrons dans la suite, d'environ 57060 toises, pour la latitude de 45 degrés. Mais les savans ne sont point d'accord sur la nature du stade employé par Erathostène; les uns veulent que ce soit le stade grec, d'autres le stade égyptien : de plus, on varie un peu sur la valeur précise de chacun de ces stades.

Supposons 1.° le stade grec, et donnons-lui 94 toises 4 pieds, suivant l'opinion la plus générale : le degré terrestre, à raison de 694 $\frac{4}{9}$ stades, vaudra 65856 toises en nombre rond; et, à raison de 700 stades, il vaudra 66384 toises. Or, l'un et l'autre résultats s'éloignent beaucoup de la mesure moderne, laquelle mérite la préférence par toutes sortes de raisons que nous ferons connaître en leur temps.

2.° Supposons le stade égyptien, que nous fixons à 114 $\frac{2}{15}$ toises, avec les meilleurs auteurs; alors les deux résultats de la mesure d'Érathostène seront 79259 toises, et 79893 toises; ce qui s'éloigne encore plus de la mesure moderne.

XXVII.

An av. J. C. 60. Environ deux cents ans après, Posidonius* entreprit de vérifier la mesure d'Érathostène. Il avait observé que l'étoile de Canope ne faisait que raser l'horizon de Rhodes, tandis qu'à midi, elle s'élevait au-dessus de l'horizon d'Alexandrie, de la quarante-huitième partie de la circonférence céleste, ce qui répond aussi à la quarante-huitième partie de la circonférence terrestre. Il supposa que Rhodes et Alexandrie étaient placées à peu près sur le même méridien, et il estima que leur distance était de cinq mille stades; d'où il conclut que la longueur entière de la circonférence du globe terrestre vaut deux cent quarante mille stades, ou que le degré vaut six cent soixante-six stades et deux tiers. On reconnut, quelque tems après, qu'il avait fait la distance d'Alexandrie à Rhodes beaucoup plus grande qu'elle n'est réellement. Strabon, qui écrivait sous Auguste, prétend avoir calculé cette distance, qu'il fait de trois mille sept cent cinquante stades seulement. En ce cas, la valeur de la circonférence terrestre sera de cent quatre-vingt mille stades, et celle du degré, de cinq mille stades. Maintenant, si l'on emploie le stade grec, le degré

* J'écris *Posidonius* avec Cicéron; d'autres écrivent *Possidonius*.

terrestre vaudra 63222 toises, suivant Posidonius, et 47417 toises suivant Strabon : si l'on emploie le stade égyptien, les deux valeurs du degré seront respectivement 76090 toises, et 57067 toises.

XXVIII.

Incertitude de toutes les anciennes mesures de la terre.

On voit qu'il règne une énorme discordance entre toutes ces anciennes mesures de l'arc terrestre. N'en doit-on pas conclure qu'elles sont extrêmement imparfaites, et que si la dernière s'accorde sensiblement avec la mesure moderne, cela ne peut être qu'un pur effet du hasard? En effet, sans revenir sur l'incertitude du stade, sans ajouter que Syène est près de deux degrés plus oriental qu'Alexandrie, et Rhodes près de trois degrés plus occidental, comment les anciens, privés du secours des lunettes, n'ayant que des instrumens nécessairement défectueux par leur construction, ne connaissant point les vicissitudes d'allongement ou de raccourcissement auxquelles sont sujettes les tringles employées à mesurer les distances terrestres; comment, dis-je, exposés à toutes ces causes d'erreur, auraient-ils pu déterminer avec une précision suffisante les arcs célestes et terrestres correspondans, puisqu'aujourd'hui même la chose est très-difficile? A ces difficultés générales s'en joignent ici de particulières, tirées des localités : Alexandrie et Syène sont séparées par un pays im-

mense et montueux ; Alexandrie et Rhodes le sont par la mer Méditerranée.

Je n'oublierai pas cependant de remarquer qu'un illustre membre de l'institut, M. Gosselin, s'est déclaré le zélé défenseur des anciennes mesures, dans une savante dissertation, imprimée à la tête d'une nouvelle traduction de Strabon. Il pose en principe que les anciens avaient un très-grand nombre de différentes sortes de stades, comme nous avons en France différentes sortes de lieues, et que tantôt ils employaient un stade, tantôt un autre, suivant les pays ou quelques circonstances particulières ; ce qui a pu produire les différences que l'on trouve entre les anciennes mesures et les modernes : il considère en particulier six espèces de stades, dont les valeurs relatives au degré sont entr'elles, selon lui, comme les nombres $1111\frac{1}{9}$; $883\frac{1}{3}$; 700; $666\frac{2}{3}$; 600; 500; il suppose que la valeur du degré terrestre moyen est de 57008 de nos toises, et de là il conclut les valeurs de chaque espèce de stade en toises. Ensuite M. Gosselin, appliquant ces stades à un très-grand nombre de lieux dont les anciens géographes ont déterminé les latitudes et les longitudes, trouve sensiblement les mêmes résultats que les géographes modernes ; donc, ajoute-t-il, les anciennes mesures ont été prises fort exactement. Mais, en honorant, comme je le dois, le profond savoir de l'auteur, j'avoue que cette manière d'em-

ployer tantôt un stade, tantôt un autre, présente quelque chose d'arbitraire, subordonné aux besoins du système; et je crois que l'imperfection des anciens instrumens d'astronomie n'a pas permis à ceux qui s'en servaient d'en tirer des résultats approchant de la vérité, si ce n'est par hasard.

Je reprends l'histoire de l'astronomie au temps d'Alexandre.

XXIX.

Nouveaux progrès de l'astronomie grecque.

L'impulsion que ce prince avait donnée à l'astronomie grecque, s'accrut rapidement par les encouragemens et les libéralités des nouveaux rois d'Égypte, qui allaient chercher dans tous les pays du monde les savans les plus illustres et les attiraient au musée d'Alexandrie. C'est là qu'à compter de l'année 295 avant l'ère chrétienne, *Aristille* et *Timocharis* firent, pendant un espace d'environ vingt-six ans, une immense quantité d'observations, tant sur la position et le dénombrement des étoiles, que sur le mouvement des planètes : observations qui servirent dans la suite de base à *Ptolémée* pour établir sa théorie des planètes.

An av. J. C. 281.

Aristarque de Samos florissait vers la même époque et dans le même lycée. L'astronomie lui doit quelques découvertes réelles et des vues systématiques, dont les âges suivans ont prouvé la vérité. Il observa un solstice en l'année 281 avant l'ère

chrétienne; ce qui, pour le dire en passant, lève l'incertitude où sont quelques auteurs sur le temps où il a vécu; il imagina une espèce de grand compas pour mesurer les diamètres apparens de la lune et du soleil; il est auteur d'une méthode ingénieuse pour trouver le rapport des distances de la terre à la lune et au soleil: nous en pouvons donner ici une idée suffisante à ceux de nos lecteurs qui ont quelques notions d'astronomie et de trigonométrie.

Qu'on se représente, pour cela, un triangle formé par les trois lignes droites qui joignent la terre, la lune et le soleil: on a d'abord, dans ce triangle, la faculté de pouvoir mesurer immédiatement l'angle à la terre, c'est-à-dire, l'angle d'élongation de la lune au soleil, puisqu'il arrive souvent que la lune et le soleil se trouvent en même temps sur l'horizon *. De plus (et c'est ici le nœud de la méthode), l'angle à la lune devient droit, lorsque la partie éclairée de la lune et la partie obscure sont égales, ce qui arrive lorsque le plan du cercle qui, dans les différentes phases de la lune, sépare la partie éclairée d'avec la partie obscure, est dirigé vers la terre, ou se projette en ligne droite sur le disque

* On fixe le soleil par le moyen d'un verre enfumé: l'usage du verre était connu depuis long-temps, à cette époque, comme on le verra dans la suite.

lunaire. Alors, le triangle proposé étant rectangle à la lune, et connaissant l'angle d'élongation de la lune au soleil, on connaît les trois angles du triangle, et par conséquent aussi les rapports de ses côtés. De cette manière, Aristarque ayant trouvé que l'angle d'élongation de la lune au soleil était d'environ 87 degrés, conclut que le soleil était dix-huit ou vingt fois plus loin de la terre que la lune. Malheureusement ce résultat est fort éloigné de la vérité; car la première distance est quatre ou cinq cents fois plus grande que la seconde. La source de l'erreur est dans l'extrême difficulté de saisir le moment où le plan du cercle qui sépare les deux parties de la lune est dirigé vers la terre; ce qui rend incertain l'angle d'élongation de la terre au soleil : or, pour peu que l'on s'y trompe, l'angle au soleil, qui est très-petit, éprouve des variations sensibles, qui affectent le rapport des distances de la terre à la lune et au soleil. Malgré cet inconvénient, Aristarque mérite nos éloges et notre reconnaissance, pour avoir ébauché un problème dont la solution exacte demandait d'autres méthodes réservées aux astronomes modernes.

Il s'acquit, comme géomètre astronome, une gloire plus solide et plus durable, par les fortes probabilités, tirées des observations dont il appuya le système pythagoricien sur le mouvement de la terre autour du soleil. Cette grande vérité mûrissait ain-

si, par degrés, dans les têtes capables de la concevoir, jusqu'à ce qu'elle eût enfin pris assez de force pour se produire ouvertement, comme Minerve sortant toute armée du cerveau de Jupiter.

An av. J. C. 281. Erathostène revient de nouveau pour des travaux immédiatement relatifs à l'astronomie. Il avait fait par lui-même un grand nombre d'observations; il fut de plus utile à ses contemporains et à ses successeurs, par ces fameuses *armilles,* qu'il fit placer au musée d'Alexandrie. C'était un homme d'un savoir universel; il avait composé une multitude d'ouvrages; nous n'avons que sa description des constellations, et sa mesure de la terre, dont il a été parlé.

L'astronomie grecque continua ainsi de faire des progrès pendant plusieurs siècles consécutifs. Les savans qui la cultivaient, ne se bornaient pas à multiplier et à combiner les observations, afin d'augmenter et d'affermir le corps de la science : ils portaient le même soin, la même sagacité, à imaginer ou à perfectionner divers instrumens, au moyen desquels les observations devenaient plus faciles et plus exactes.

XXX.

Travaux d'Hipparque. An av. J. C. 140. De tous les anciens astronomes, aucun n'a fait tant d'importantes découvertes, aucun n'a mérité autant de gloire qu'Hipparque; né dans la ville de

Nicée, en Bithynie. Il tient parmi eux à peu près le même rang qu'Archimède tient parmi les géomètres. Il commença par observer à Rhodes, et ensuite il vint se fixer à Alexandrie, où il a exécuté tous ses immenses travaux, qui servent de base à l'ancienne astronomie, et qui ont fourni aux modernes des points de comparaison pour différentes théories.

Durée de l'année déterminée par Hipparque.

Une de ses premières recherches eut pour objet de rectifier la durée de l'année, qu'on faisait avant lui, de 365 jours 6 heures, et qu'il reconnut être un peu trop longue. Par la comparaison de l'une de ses propres observations, faite au solstice d'été, avec une semblable observation faite cent quarante-cinq ans auparavant par Aristarque, il diminua cette durée d'environ 7 minutes, ce qui n'était pas suffisant. Mais si Hipparque n'approcha pas davantage de la vraie valeur, il faut s'en prendre sans doute à quelqu'inexactitude dans l'observation d'Aristarque; car les observations d'Hipparque, comparées aux observations modernes, donnent 365 jours 5 heures 49 minutes pour la durée de l'année, résultat qui diffère à peine de 12 secondes, de celui qu'on trouve par la comparaison des meilleures observations de notre temps avec celles de Ticho-Brahé. En général, les observations modernes sont incomparablement plus exactes que les anciennes; mais dans la circonstance présente, où

les erreurs sont réparties sur un grand intervalle de temps, la comparaison des anciennes observations avec les modernes, peut donner un résultat aussi juste que si les premières avaient le même degré d'exactitude que les dernières.

Hipparque entreprit également de déterminer la durée de la révolution lunaire; mais il s'éloigna encore plus de la vérité dans cette recherche que dans la première. La lune est sujette, en effet, à un très-grand nombre d'inégalités qu'il ne pouvait connaître, et que le temps a fait découvrir successivement. Il fit, à ce sujet, une autre découverte plus approchante des déterminations modernes; il reconnut que le plan de l'orbite lunaire est incliné d'environ cinq degrés sur celui de l'écliptique.

XXXI.

Hipparque découvre l'excentricité de l'écliptique, et celle de l'orbite lunaire.

Les anciens astronomes supposaient que le soleil marche uniformément dans une orbite circulaire par son mouvement annuel; mais cette uniformité que l'on croyait réelle, était altérée, du moins en apparence, relativement à la terre. On connaissait l'effet en gros; Hipparque l'approfondit et en assigna une cause alors satisfaisante; il observa que le soleil employait environ 94 jours 12 heures pour aller de l'équinoxe du printemps au solstice d'été, et seulement 92 jours 12 heures, du solstice d'été à l'équinoxe d'automne : en ajou-

tant ces deux nombres, on trouve 187 jours pour le temps que le soleil emploie à parcourir la partie boréale de l'écliptique; et en retranchant ces 187 jours de la durée totale de l'année, restent environ 178 jours pour le temps employé à parcourir la partie australe de l'écliptique. Il fallait donc que le soleil allât ou parût aller plus vite dans la partie australe que dans la partie boréale : et quelle pouvait être la cause de cette inégalité? Sans abandonner l'hypothèse du mouvement uniforme réel du soleil autour de la terre, Hipparque expliqua la variation du mouvement apparent, en plaçant la terre à une certaine distance du centre de l'écliptique; cette distance qu'on appelle l'*excentricité* de l'orbite solaire, produisait entre le mouvement réel et le mouvement apparent une équation appelée *équation du centre*, tantôt additive, tantôt soustractive, au moyen de laquelle on pouvait faire cadrer ces deux mouvemens à chaque instant. Il détermina la grandeur de l'excentricité en parties du rayon de l'écliptique, considéré comme unité; il fixa la position de la ligne des *absides*, ou de la ligne qui joint les points diamétralement opposés, où le soleil se trouve dans sa plus grande et dans sa plus petite distances à la terre. Il fit des remarques et des calculs semblables pour l'orbite lunaire. D'après ces bases, il réduisit les mouvemens du soleil et de la lune en *tables*. Toutes ces déterminations étaient

présentées comme des essais que le temps et de nouvelles observations devaient perfectionner. Le dessein d'Hipparque était aussi de dresser de pareilles tables pour les mouvemens des cinq autres planètes, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne; mais il y renonça bientôt, ne jugeant pas lui-même que les observations alors connues, pussent fournir des élémens suffisamment exacts.

Quoique les excentricités des orbites solaire et lunaire, déterminées par Hipparque, ne soient pas fort éloignées de la vérité, il faut cependant remarquer qu'elles étaient affectées d'un vice radical. Elles supposaient que ces orbites étaient des cercles parfaits. Les astronomes ne se doutaient pas alors que les planètes décrivent des ellipses, ni, à plus forte raison, que ces ellipses sont elles-mêmes continuellement altérées et déformées par la gravitation universelle et réciproque des astres.

XXXII.

Hipparque découvre la précession des équinoxes.

Hipparque fit une autre découverte, qui, ayant été constatée et perfectionnée par le temps, est devenue un des élémens fondamentaux de l'astronomie. En comparant ses observations avec celles d'Aristille et de Timocharis, faites cent cinquante ans auparavant, il trouva que, dans cet intervalle, le premier point d'*Aries*, auquel répondait l'équinoxe du printemps, au temps de ces astronomes,

s'était avancé, vers l'orient, de deux degrés, ou de 48 secondes en un an; d'où il conclut que toutes les étoiles avaient un pareil mouvement, suivant l'ordre des signes.

Les observations modernes font la quantité moyenne de ce mouvement, de cinquante secondes en un an. Ainsi, le soleil étant supposé répondre à une certaine étoile, au moment de l'équinoxe, reviendra par son mouvement annuel, à l'équinoxe analogue suivant, environ 20 minutes 22 secondes de temps plutôt qu'à l'étoile. Cette anticipation du mouvement annuel du soleil par rapport aux équinoxes et aux solstices, sur le mouvement par rapport aux étoiles, forme ce qu'on appelle la *précession des équinoxes*. On verra dans la suite que ce mouvement des étoiles n'est qu'apparent, et qu'il est produit par un mouvement réel de l'axe de la terre autour des poles de l'écliptique, d'orient en occident.

XXXIII.

Hipparque entreprend de déterminer les distances de la terre à la lune et au soleil.

La méthode qu'Aristarque avait donnée pour déterminer le rapport des distances de la terre à la lune et au soleil, était très-imparfaite, comme nous l'avons remarqué; et d'ailleurs elle ne pouvait pas faire connaître les quantités absolues de ces distances.

Si le globe terrestre pouvait être regardé comme

infiniment petit, ou comme un point physique dans les espaces célestes, il est évident qu'en quelque endroit de ce globe qu'un spectateur fût placé, il rapporterait toujours un même astre, pour un instant donné, à la même place dans le ciel étoilé; mais il n'en est pas ainsi: les éclipses de lune ou de soleil ayant différentes grandeurs, selon les diversités des lieux d'où on les observe, quelques-unes même, visibles dans un endroit, ne l'étant pas dans un autre, toutes ces inégalités ne peuvent provenir que des inégalités de distance des observateurs à l'astre éclipsé. Ainsi le rayon du globe terrestre est une quantité sensible et assignable par rapport aux rayons des orbites lunaire et solaire. Il a également une grandeur comparable aux rayons des orbites de Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

Parallaxes astronomiques.

Il suit de là qu'une planète observée d'un point de la surface de la terre, étant supposée placée ailleurs qu'au zénith de l'observateur, ne sera pas rapportée dans le ciel à l'endroit où elle le serait, si elle était observée du centre de la terre. L'angle formé par les prolongemens des deux rayons visuels menés à l'astre, est ce qu'on appelle la *parallaxe* de la planète. Cet angle est opposé par le sommet et par conséquent égal à celui sous lequel un observateur placé à l'astre verrait le rayon de la terre. Du zénith où la parallaxe est nulle, elle va toujours

en augmentant jusqu'à l'horizon, où elle est la plus grande qu'il est possible, et alors elle prend le nom de *parallaxe horizontale*. On choisit ordinairement cette dernière parallaxe pour unité de numération, parce qu'elle a une valeur constante et fixe pour un même astre. En général, toutes les parallaxes d'une même planète observée d'un même lieu, à différentes hauteurs au dessus de l'horizon, se comparent entr'elles au moyen du théorème suivant, démontré dans tous les livres d'astronomie. Les sinus de deux parallaxes sont entr'eux comme les sinus des distances angulaires de l'astre au zénith. D'où l'on voit que connoissant par une observation immédiate une parallaxe quelconque, on connaîtra la parallaxe que l'astre aurait s'il était observé à l'horizon.

En joignant l'observateur, le centre de la terre, et l'astre, par trois lignes droites, on formera ce qu'on appelle *le triangle parallactique*. Dans ce triangle, on est toujours censé connaître le plus petit côté, ou le rayon de la terre : on peut connaître aussi l'angle formé par ce rayon et le côté qui va de l'observateur à l'astre, comme étant le supplément de l'angle compris entre ce même côté et la ligne verticale; angle qui se mesure immédiatement. Reste donc seulement à connaître encore un côté, ou un angle, pour déterminer tout le triangle. De là, on voit la liaison qui existe entre la

parallaxe, et les distances de l'observateur et du centre de la terre à l'astre.

On sait en gros qu'Hipparque détermina la distance de la lune à la terre, par l'observation des diamètres apparens de la lune et par la durée de ses éclipses: on ignore d'ailleurs tous les détails de sa méthode.

XXXIV.

Méthode pour déterminer la distance de la lune à la terre, par des observations faites en un même lieu.

Si dans ces anciens temps où les astronomes n'avaient pas comme nous, de bons instrumens, ni la facilité de se transporter en divers lieux pour faire des observations correspondantes, on avait pu du moins déterminer avec une très-grande exactitude les changemens qui arrivent au diamètre apparent de la lune, à mesure qu'elle s'élève au-dessus de l'horizon d'un même lieu, tel qu'Alexandrie, où Hipparque observait; cette condition aurait suffi pour calculer la distance de la lune à la terre. En effet transportons-nous au temps d'Hipparque, et supposons que sans nul égard aux effets des réfractions, on mesure les diamètres apparens de la lune quand elle est dans le voisinage de l'horizon; et quatre ou cinq heures après, quand elle est arrivée au méridien: par là on formera deux triangles parallactiques qui auront l'un et l'autre pour un de leurs côtés le rayon de la terre, censé donné par la mesure d'Erathostène. On

connaîtra, par le moyen indiqué ci-dessus, les angles que forme ce rayon avec chacune des lignes menées, dans les deux cas, d'Alexandrie à la lune; on connaîtra aussi le rapport de ces deux dernières lignes, qui sont réciproquement proportionnelles aux deux diamètres apparens de la lune, que l'on a mesurés; et enfin on peut supposer, sans crainte d'erreur sensible, que dans l'espace de 4 à 5 heures la distance de la lune au centre de la terre demeure la même. Avec ces données, on trouve par la géométrie toutes les dimensions des deux triangles parallactiques, et par conséquent la distance de la lune au centre de la terre, ainsi que les deux distances à l'observateur. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'il faut répéter plusieurs fois ces opérations, et en diverses circonstances, c'est-à-dire lorsque la lune est perigée, lorsqu'elle est apogée, etc.

Quelque moyen qu'Hipparque ait employé, nous avons du moins son résultat : il trouva que la valeur de la plus grande distance de la lune à la terre, était entre 83 et 72 rayons du globe terrestre; et, la plus petite, entre 71 et 62 des mêmes rayons. En prenant les milieux entre ces valeurs, la plus grande distance sera de 78 rayons terrestres, et la plus petite de 67. Les parallaxes horizontales correspondantes sont 44 minutes 5 secondes, et 51 minutes 19 secondes : déterminations qui ne s'accordent guère avec celles des astronomes mo-

Parallaxe horizontale de la lune, suivant Hipparque

dernes; car, suivant les tables de Mayer, les deux parallaxes horizontales extrêmes sont 53 minutes 57 secondes, et 61 minutes 32 secondes; ce qui donne, pour les deux distances correspondantes, 63 $\frac{1}{2}$ et 55 $\frac{1}{2}$ rayons terrestres. Ainsi, Hipparque plaçait la lune beaucoup plus loin de la terre, qu'elle n'est réellement.

Parallaxe horizontale du soleil, suivant le même astronome.

Institutions astronomiques de Le Monnier, page 447.

La méthode d'Hipparque, pour déterminer la parallaxe horizontale du soleil, nous est parvenue. D'abord il vit, par un théorème de géométrie fort simple, que la parallaxe horizontale du soleil est toujours égale à la différence qui se trouve entre le demi-diamètre apparent du soleil et la moitié de l'angle du cône d'ombre que la terre jette sur la lune, dans les éclipses de cette dernière planète. Un autre théorème lui apprit que la moitié de l'angle du cône d'ombre est égale à la différence entre la parallaxe horizontale de la lune et le demi-diamètre de l'ombre, vu sur le disque lunaire; d'où il inféra que, pour avoir la parallaxe horizontale du soleil, il fallait ajouter le demi-diamètre apparent de l'ombre au demi-diamètre apparent du soleil, puis retrancher de la somme la parallaxe horizontale de la lune. Rien n'est plus simple que cette méthode; mais les élémens qu'on y emploie, sont très-difficiles à déterminer exactement, et la moindre erreur en produit une très-grande dans le résultat. Aussi Hipparque trouva-t-il que la parallaxe

horizontale du soleil était presque de trois minutes, et que, par conséquent, la distance du soleil à la terre valait à peu près 1300 rayons terrestres; ce qui s'écarte considérablement de la vérité, puisque, suivant les observations modernes, la parallaxe horizontale du soleil n'est que de 9 secondes environ, et que la distance de cet astre à la terre est de plus de 26000 rayons terrestres. On voit que, si Hipparque nous a un peu trop éloignés de la lune, il nous a beaucoup trop rapprochés du soleil. Pardonnons-lui ces erreurs, presque inévitables avec les instrumens dont il se servait : honorons les premiers efforts du génie, dans des questions si difficiles.

XXXV.

Dénombrement des étoiles par Hipparque.

Un phénomène extraordinaire, la disparition presque subite d'une grande étoile, qui arriva au temps d'Hipparque, excita cet astronome infatigable à faire le dénombrement de toutes les étoiles visibles dans le pays qu'il habitait, à fixer leurs positions respectives, et à marquer leurs configurations par groupes, afin de mettre la postérité en état de reconnaître si ces astres sont des corps permanens, attachés invariablement à la voûte du ciel, ou si, indépendamment du mouvement qui produit la précession des équinoxes, les étoiles ne sont pas encore sujettes à d'autres mouvemens irréguliers et inconnus; auquel cas, on ne pourrait

leur rapporter qu'avec beaucoup de précaution les mouvemens des astres errans. Les recensemens, ou les catalogues d'étoiles, qu'on avait faits avant lui, ne comprenaient guère que celles du zodiaque et celles qui avoisinent le pôle arctique. Il se livra à cet immense travail avec d'autant plus d'ardeur, que, par là, il affermissait et étendait tout à la fois les fondemens sur lesquels l'astronomie entière devait porter. Toute l'antiquité lui a payé le tribut de la plus haute admiration. Pline, en particulier, ne peut contenir son enthousiasme : *Hipparque*, s'écrie-t-il, *n'a jamais été assez loué; personne n'a prouvé, comme lui, que l'homme est lié avec le ciel, et que son esprit est une portion de la divinité...... Il a osé déplaire aux dieux en faisant connaître aux hommes le nombre des étoiles...... laissant ainsi le ciel en partage à ceux qui sauraient s'en emparer!*

Hist. natur lib. II, cap. 26.

XXXVI.

Hipparque lie la géographie à l'astronomie.

A tant d'importantes recherches immédiatement relatives aux progrès de l'astronomie, Hipparque joignit le mérite d'appliquer cette science à des usages de la plus grande utilité pour la connaissance des pays et la propagation du commerce. Il réduisit en principes certains et invariables la méthode de déterminer la position des objets terrestres, par la latitude et la longitude, dont on avait déjà con-

eu quelques notions au temps d'Alexandre. Les points principaux étant une fois fixés par les observations astronomiques, les détails topographiques par lesquels on les lie entr'eux, ne sont plus que des opérations faciles, qu'on exécute et qu'on abrège, au moyen de divers instrumens, tels que *le graphomètre, la planchette,* etc.

Les bornes de cet essai me forcent de passer sous silence d'autres ouvrages d'Hipparque, par exemple, ses recherches sur le calendrier, sur le calcul astronomique, etc.; il avait aussi entrepris de rectifier la mesure qu'Erathostène avait donnée de la grandeur de la terre; mais on ne connaît pas celle qu'il y substituait.

XXXVII.

Astronomes successeurs d'Hipparque.

Hipparque fut suivi de plusieurs astronomes qui, sans égaler son génie et son savoir, contribuèrent néanmoins aux progrès de la science, par les nouvelles observations dont ils l'enrichirent, ou par des ouvrages dans lesquels ils en exposaient la théorie.

La postérité compte au nombre de ces bienfaiteurs de l'astronomie le philosophe *Posidonius,* que j'ai déjà cité au sujet de la mesure de la terre. Il habitait l'île de Rhodes, où il fit plusieurs observations. Il avait construit, pour représenter l'état du ciel, une sphère mouvante, dont Cicéron parle avec admiration. An av. J. C. 60.

Si Posidonius n'a pas été un astronome du premier ordre, il mérite néanmoins d'arrêter encore un instant nos regards, par son caractère moral et son existence sociale. Il fut un stoïcien célèbre, jouissant de la plus haute considération dans son pays, et de toute l'estime des Romains. Un jour *Pompée* passant par l'île de Rhodes, alla lui faire visite, et défendit à ses licteurs de frapper à la porte, comme c'était l'usage : *Ainsi*, dit Pline, *celui devant qui l'orient et l'occident s'étaient abaissés, abaissa lui-même ses faisceaux devant la porte d'un philosophe !* La rigidité des principes stoïques de Posidonius est connue par un trait remarquable. Dans un discours qu'il prononçait devant ce même Pompée, il fut tout-à-coup saisi d'un si violent accès de goutte, que la sueur lui tombait par flots le long du visage : il soutint d'abord cet horrible tourment avec courage, sans se plaindre, sans changer de ton, sans se troubler dans son discours ; enfin la nature étant la plus forte, il laissa échapper ce cri étouffé aussitôt par l'orgueil philosophique : *Douleur, tu ne me vaincras point ; jamais je n'avouerai que tu sois un mal !*

Cléomède, un peu postérieur, nous a laissé un ouvrage intitulé : *Cyclyca theoria metereorum seu motuum cœlestium*, où il traite de la sphère, des périodes des planètes, de leurs distances, de

leurs grandeurs, des éclipses, etc. Il avoue lui-même qu'il tenait toutes ces connaissances de Pythagore, d'Erathostène, d'Hipparque, de Posidonius, soit par tradition, soit par des écrits. Son ouvrage est précieux, comme le plus ancien qui nous soit parvenu sur ces matières.

Nous disons à peu près la même chose des élémens d'astronomie de *Geminus*, contemporain de Cléomède, suivant quelques indices. Geminus parle fort au long des observations des Chaldéens, et des périodes lunisolaires qu'ils avaient imaginées. Le système qu'il propose sur l'arrangement et le mouvement des planètes, est celui qui fut développé et expliqué cent cinquante ans après par Ptolémée.

On ne s'attend pas sans doute à trouver *Jules-César* parmi les astronomes; mais nous ne devons pas lui ravir cette gloire, parce qu'en effet il était très-versé dans l'astronomie, et parce qu'il rendit en particulier un important service au calendrier romain. *Numa Pompilius*, second roi de Rome, avait établi ce calendrier : quelques inexactitudes dans les bases, et de nouvelles erreurs accumulées, y avaient introduit par degrés une telle confusion, qu'au temps de César, les mois d'automne répondaient à l'hiver, ceux d'hiver au printemps, etc. César, devenu dictateur, attira l'astronome Sosigène d'Athènes à Rome, pour travailler conjointe-

An av. J. C. 46

ment avec lui à la réparation de ce désordre : ils commencèrent par supposer que l'an 708 de Rome serait de quatorze mois, afin de rétablir l'ordre des saisons. Ensuite ils prirent pour base que la durée de l'année commune serait de 365 jours, 6 heures; c'est ce qu'on appela *l'année julienne*, du nom de *Jules-César*. Mais comme cette durée excédait de six heures l'ancienne année égyptienne, et qu'il eût été incommode pour les usages civils et politiques, de faire commencer l'année tantôt à une certaine heure du jour, tantôt à une autre, on statua que le commencement de chaque année tomberait constamment à la même heure d'un jour; que l'année commune serait de 365 jours, et qu'on laisserait accumuler les six heures pendant trois années, au bout desquelles on ajouterait un jour, de sorte que la quatrième année serait de 366 jours. Le jour *additif* ou *intercalaire* fut placé au mois de février. Dans l'année commune, le 24 février était appelé le sixième des calendes de mars, ou le sixième jour avant les calendes de mars: César ordonna que ce même jour serait compté deux fois chaque quatrième année. Il y eut donc deux jours, dont chacun portait le nom de sixième jour avant les calendes de mars. On appela en conséquence ces sortes d'années, *années bissextiles*.

Cette forme de calendrier était fort simple; mais elle portait sur l'hypothèse que la durée de l'année

est de trois cent soixante-cinq jours six heures ; ce qui n'est pas exact, la véritable durée de l'année étant plus courte d'environ onze minutes. Ces différences accumulées nécessitèrent une nouvelle réforme. Je reviendrai dans la suite sur cet objet.

On cite quelques autres illustres Romains du même temps, tels que Cicéron, Varron, etc., etc., comme ayant été très-versés dans l'astronomie ; mais nous ne voyons pas qu'ils aient écrit expressément sur cette science.

Sous le règne d'Auguste, parut le poëme latin, intitulé : *Astronomicon*, ou les *Astronomiques**. Il est divisé en six livres; il contient, comme celui d'Aratus, l'explication des mouvemens célestes, suivant la sphère d'Eudoxe. La poésie en est belle ; on admire surtout les exordes des livres et les digressions morales. Malheureusement il est infecté de toutes les rêveries de l'astrologie judiciaire. C'est la première fois que cet art imposteur se montre dans les écrits des anciens, et qu'il est développé en corps de doctrine systématique ; on n'en trouve aucune trace dans le poëme d'Aratus, ni dans les relations des travaux de Thalès, de Pythagore, d'Hipparque, etc. Il a pris sa source dans le pen- An av. J. C. 6.

* Pingré a donné en notre langue (1783), une traduction de Manilius, à laquelle il a joint des notes qui valent mieux que tout le fond du poëme.

chant naturel que les hommes, surtout les princes et les grands, ont à croire le merveilleux et à recevoir sans examen tout ce qui tend à flatter la vanité. D'avides charlatans, instruits de quelques secrets de la nature, s'en firent un moyen de s'accréditer auprès des grands, et de leur persuader que leurs destinées et celles des empires étaient écrites dans le ciel. Ils hasardèrent des prédictions équivoques et mystérieuses, auxquelles il était toujours facile de faire convenir les événemens. L'erreur se répandit et poussa de profondes racines; elle a duré plus de seize cents ans, et enfin elle n'a succombé que sous les coups redoublés de la philosophie. Mais, par une fatalité déplorable, qui semble condamner les hommes à être éternellement trompés, la charlatanerie se reproduit sans cesse sous de nouvelles formes, plus ou moins grossières, et on la voit dans tous les temps usurper sans pudeur les places et les récompenses dues aux vrais talens, au génie et à la vertu.

An de J. C. 55. Ménélaüs, que nous avons déjà cité comme géomètre, se distingua encore dans l'astronomie, par d'excellentes observations et par la découverte des principaux théorèmes de trigonométrie sphérique, nécessaires ou utiles pour soumettre les observations au calcul.

XXXVIII.

L'astronomie commençait à languir dans l'école d'Alexandrie, lorsque le célèbre Ptolemée vint la ranimer, augmenter ses richesses, mettre plus d'ordre, plus de liaison dans toutes ses parties, et rassembler, pour ainsi dire, ses membres épars dans les traditions ou dans les écrits qui existaient de son temps. Les uns le font naître à Peluse, les autres à Ptolemaïs en Égypte : cela n'est d'aucune importance; il suffit qu'on sache qu'il vint de très-bonne heure à Alexandrie, et qu'il y a composé tous ses ouvrages.

Travaux de Ptolemée.

An de J. C. 140.

Le plus considérable est l'*Almageste*, ou, suivant la traduction latine, *Almagesti seu magnæ compositionis opus*. Il est divisé en treize livres : on y trouve à peu près tous les travaux des astronomes précédens, observations et théories, à quoi Ptolemée joignant ses propres recherches, a formé une collection qui représente l'état de la science à l'époque où il a vécu, et qui peut tenir lieu en ce genre des écrits antérieurs, ravagés par la main du temps.

Almageste.

Pour donner une constitution régulière à cet immense édifice, il fallait d'abord fixer la place de l'observateur dans l'univers et l'arrangement respectif des corps planétaires. A consulter les apparences, la terre occupe le centre du monde, et tous

Système de Ptolemée.

les corps célestes tournent autour d'elle : c'était l'opinion reçue généralement dans l'antiquité. Néanmoins Pythagore avait osé la combattre ; il mettait la terre au nombre des planètes ou des astres errans, et le soleil au centre de la circulation. Aristarque adopta depuis la même opinion, et l'appuya de fortes preuves. Mais le préjugé en faveur de l'immobilité de la terre, était trop enraciné, trop conforme au témoignage des sens, pour céder facilement la place à une vérité que le génie devinait plutôt qu'il ne pouvait la démontrer ou la faire comprendre à la multitude. Ptolemée embrassa le sentiment vulgaire : il supposa qu'autour de la terre immobile tournaient d'occident en orient, suivant cet ordre de distances au centre, la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne. De plus, tous ces astres, ainsi que les étoiles, tournaient d'orient en occident autour du même centre, par une révolution journalière, ou dans l'espace de vingt-quatre heures. Les raisonnemens dont il étaya cette hypothèse la lui approprièrent en quelque sorte, et la firent passer à la postérité sous le nom de *Système de Ptolemée*.

Malgré la conformité de ce système aux apparences, il éprouva dans tous les temps de puissantes objections, et les observations modernes l'ont enfin renversé.

On objecta principalement l'énorme rapidité

avec laquelle il faudrait supposer que tourne toute la sphère céleste par la révolution journalière ; car, sans parler des étoiles, dont la distance à la terre est comme infinie, le soleil qui en est beaucoup plus près, et qui en est cependant éloigné d'environ trente-trois millions de lieues, serait obligé de faire plus de deux cent millions de lieues en vingt-quatre heures. Or, de telles vitesses sont-elles possibles dans l'état actuel du monde physique ? Sont-elles compatibles avec la cohésion, dont les parties des corps circulans auraient besoin, pour empêcher ces parties de se séparer et de se disperser dans les espaces célestes? Ne doit-on pas rejeter une hypothèse qui mène à des conséquences si invraisemblables, surtout quand on peut la remplacer par une autre incomparablement plus simple et plus conforme à toutes les lois des mouvemens que nous connaissons?

Objection tirée de l'invraisemblance des vitesses.

On fit une autre objection très-forte, fondée sur la complication des mouvemens dans les épicycles que Ptolemée emploie pour expliquer les *directions*, les *stations* et les *rétrogradations* des planètes.

Objection tirée de la complication des épicycles.

XXXIX.

Je ne dois pas cependant négliger de remarquer, au sujet des épicycles, qu'un grand astronome moderne a pensé qu'elles pouvaient être utiles en certains cas, par voie d'hypothèse, dans

Godin, mém. de l'académie, 1733.

le calcul astronomique ; ce qui m'oblige d'en donner ici une idée générale.

Imaginons dans un même plan deux cercles inégaux, dont le plus grand, appelé *déférent*, porte à sa circonférence le centre du plus petit appelé *épicycle;* supposons que ces deux cercles tournent uniformément, chacun autour de son centre, suivant l'ordre des signes, ou d'occident en orient. La terre est le centre du déférent, et la planète dont il faut expliquer les mouvemens vus de la terre, parcourt la circonférence de l'épicycle. Or il peut arriver différens cas, suivant le rapport des vitesses dans les deux cercles.

Premier cas. Supposons que les deux vitesses soient égales, et qu'au premier instant la planète soit placée à l'extrémité supérieure (qu'on peut appeler l'*apogée*) de la ligne menée par les centres du déferent et de l'épicycle, il est évident qu'alors le mouvement apparent de la planète est le plus grand qu'il est possible, puisqu'il est égal à la somme des deux vitesses circulatoires. Il n'est pas moins clair que ce mouvement va en diminuant jusqu'à l'extrémité inférieure (que j'appelle le *périgée*) du diamètre de l'épicycle, et qu'en ce point il devient nul, puisque le périgée est emporté en arrière par le mouvement de l'épicycle, de la même quantité dont il est emporté en avant par le mouvement du déférent. A compter de ce même point, le

mouvement apparent reçoit une augmentation graduelle de vitesse jusqu'à l'apogée, où la planète recommence un cours parfaitement égal au précédent; ainsi de suite. On voit qu'en ce cas la planète doit paraître se mouvoir toujours dans le sens direct : seulement ce mouvement éprouve alternativement des augmentations et des diminutions.

Que la vitesse de l'épicycle soit plus grande que celle du déférent, ce qui est l'hypothèse de Ptolemée : alors il y aura des directions, des stations et des rétrogradations dans le mouvement apparent de la planète; les stations auront lieu en deçà et en delà du périgée; et c'est dans ces endroits que se feront les passages du mouvement direct au mouvement rétrograde. Second cas.

Enfin, si l'on supposait que la vitesse du déférent fût plus grande que celle de l'épicycle, il n'y aurait plus de station ni de rétrogradation; et la planète paraîtrait marcher toujours dans le même sens, mais contraire à celui du mouvement du déférent. Tel serait, par exemple, dans le système de Copernic, le mouvement de la lune par rapport à un spectateur placé dans le soleil, en regardant l'orbite de la terre autour du soleil, comme le déférent, et l'orbite de la lune autour de la terre comme l'épicycle; car alors la vitesse de la terre Troisième cas.

autour du soleil est environ trente fois plus grande que la vitesse de la lune autour de la terre.

Nous n'avons considéré dans ce qui vient d'être dit, que des épicycles *simples*. Les anciens en formaient, au besoin, de *doubles*, de *triples*, etc.; en regardant l'épicycle simple comme un second déférent qui portait son épicycle; cette seconde épicycle comme un troisième déférent, qui portait également son épicycle, etc.

Tout ce mécanisme est facile à concevoir, et même à réduire en formules générales; mais il est trop compliqué pour être l'ouvrage de la nature. Aussi, de très-bons esprits, forcés de l'admettre, faute d'autre moyen, n'ont-ils pu s'empêcher de témoigner qu'il leur paraissait très-mal entendu. On connaît la saillie qu'Alphonse x, roi de Castille, surnommé l'*Astronome*, laissa échapper un jour, à ce sujet, en présence des savans dont il s'était entouré : *Si Dieu m'avait appelé à son conseil, lors de la création, je lui aurais donné de bons avis;* plaisanterie excellente, mais qui fut regardée alors comme une impiété, parce qu'on supposait sans doute que Ptolemée avait assisté au conseil de Dieu!

Le système du mouvement de la terre, dont il n'est plus permis de révoquer la vérité en doute, explique tous ces phénomènes des directions, des stations et des rétrogradations des planètes, avec la

même facilité, la même exactitude qu'on explique pourquoi de deux hommes qui décrivent à chaque instant des lignes parallèles, l'un qui se croit immobile, voit l'autre, tantôt marcher dans le même sens, tantôt s'arrêter, tantôt rétrograder, suivant le rapport qui existe entre leurs vitesses.

Godin, quoique convaincu du mouvement de la terre, voulait, comme je l'ai remarqué, que l'on conservât l'hypothèse des epicycles pour certains calculs astronomiques. Il n'y a en effet aucun inconvénient dans cet usage. L'astronomie pratique, ayant simplement pour objet de représenter les phénomènes par des hypothèses, a la liberté de choisir tous les moyens qui peuvent la conduire le plus facilement à son but. Elle n'est point assujétie à suivre toujours la marche de la nature : ce soin est réservé à l'astronomie physique, qui doit établir et faire connaître les lois du véritable mécanisme de l'univers.

XL.

Ptolemée diminue mal à propos le mouvement des étoiles en longitude.

Le mouvement des étoiles en longitude qu'Hipparque avait découvert, fut adopté et confirmé par Ptolemée, qui crut devoir seulement y faire une petite diminution. Selon Hipparque, ce mouvement, ou ce qui en est la suite, la rétrogradation des points équinoxiaux, était de deux degrés en cent cinquante ans, ou de quarante-huit secondes

de degré en un an : résultat un peu trop faible. Ptolemée s'écarte encore plus de la vérité, dans le même sens, en réduisant ce mouvement à un degré en cent ans. Cette erreur introduisit une augmentation sensible dans la durée de l'année que Ptolemée trouva par la comparaison des observations de son temps avec celles d'Hipparque : il la fit de 365 jours 5 heures 55 minutes; durée trop longue de plus de 6 minutes.

Durée de l'année par Ptolemée, trop longue.

XLI.

Ptolemée perfectionne la théorie de la lune.

Il fut plus heureux dans ses autres recherches sur la théorie du soleil et de la lune.

Hipparque avait reconnu et constaté que ces deux astres ne sont pas exactement placés aux centres de leurs orbites. Ptolemée démontra les mêmes vérités par de nouvelles observations. De plus, il fit une découverte très-importante, qui lui appartient toute entière : il remarqua dans le mouvement de la lune, la fameuse inégalité connue aujourd'hui sous le nom d'*évection*. Voici en quoi elle consiste.

Il découvre l'évection.

On savait en général que la vitesse de la lune, dans son orbite, n'est pas toujours la même, et qu'elle augmente ou diminue, à mesure que le diamètre de ce satellite paraît augmenter ou diminuer : on savait encore que la plus grande et la plus petite vitesses ont lieu aux extrémités de la ligne

des absides de l'orbite lunaire; on n'était pas allé plus loin. Ptolemée observa que d'une révolution à l'autre, les quantités absolues de ces deux vitesses extrêmes variaient, et que plus le soleil s'éloignait de la ligne des absides de la lune, plus la différence entre ces deux mêmes vitesses allait en augmentant; d'où il conclut que la première inégalité de la lune, celle qui dépend de l'excentricité de son orbite, est elle-même sujette à une inégalité annuelle, dépendante de la position de la ligne des absides de l'orbite lunaire à l'égard du soleil. Or cette seconde inégalité est ce qu'on appelle l'*évection*. Les observations modernes en ont pleinement confirmé l'existence et la quantité : elles ont encore fait connaître un grand nombre d'autres inégalités dans le mouvement de la lune; il en sera parlé quand j'exposerai les progrès de l'astronomie dans les temps modernes.

XLII.

Méthode de Ptolemée pour déterminer la parallaxe de la lune.

La position d'Alexandrie, où Ptolemée faisait ses observations, lui fit naître l'idée d'une méthode fort simple pour déterminer la parallaxe de la lune. Elle consiste en général à placer un observateur dans un lieu un peu plus méridional qu'Alexandrie, de telle manière que la lune, lorsqu'elle se trouve dans une de ses deux plus grandes latitudes (ici dans sa plus grande latitude boréale), parvien-

ne jusqu'au zénith, afin qu'à l'heure de son passage au méridien, elle n'ait point de parallaxe : alors connaissant la latitude du lieu, et l'obliquité de l'écliptique, on trouve, par leur différence, la plus grande latitude boréale de la lune; ensuite, lorsqu'environ quinze jours plus tôt ou plus tard, la lune, parvenue à sa plus grande latitude australe, passe au méridien, la différence entre le lieu *vrai* auquel elle répond dans le ciel étoilé, ou le lieu vu du centre de la terre, et le lieu *apparent* auquel l'observateur la rapporte en effet, à cause de la parallaxe, fait connaître la parallaxe de hauteur de la lune. Voyez l'explication détaillée et les inconvéniens de cette méthode, dans les *Institutions astronomiques* de Le Monnier, page 441.

Ptolemée perfectionne la théorie des autres planètes.

Ptolemée s'appliqua également, avec un extrême soin, à perfectionner la théorie des autres planètes alors connues, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne; il dressa des tables de leurs mouvemens, de leurs distances à la terre, de leurs configurations pour un temps donné, etc. On sent qu'il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail de ces laborieuses recherches.

L'Almageste fut traduit du grec en latin, au commencement du seizième siècle, par Georges de Trebizonde. Cette traduction, imprimée à Bâle en 1551, est assez exacte quant au sens; mais elle est écrite d'un style barbare, et il s'y est glissé

une foule de solécismes, sans doute par la faute de l'imprimeur.

XLIII.

Géographie de Ptolemée.

Il existe un autre grand ouvrage du même auteur, sa *Géographie,* traduite et imprimée quelques années avant l'Almageste. Quoiqu'elle soit fort imparfaite dans les détails, elle est fondée sur les bons principes. Les lieux y sont marqués par la latitude et la longitude, conformément à la méthode d'Hipparque. On pardonnera les fautes de positions, si l'on considère que Ptolemée n'avait, pour déterminer la situation des villes et des pays dont il parle, qu'un petit nombre d'observations sujettes à erreur, et les estimes des voyageurs, encore plus défectueuses. Il faut un temps bien long pour donner une certaine perfection à la géographie. Aujourd'hui même où il y a des observateurs répandus dans tous les pays du monde, et munis de bons instrumens, il reste de l'incertitude sur la position d'une infinité de lieux dans les deux hémisphères. Je ne dois pas oublier d'ajouter que Ptolemée a posé les élémens de l'ingénieuse théorie des projections en usage dans la construction des cartes géographiques.

Nous avons encore de lui plusieurs petits ouvrages relatifs à l'astronomie, tels que son *Planisphère,* son *Analemme,* ses *Hypothèses* sur le mou-

vement des planètes, ou un abrégé de ce qu'il en a dit dans l'Almageste, etc. Les chronologistes estiment beaucoup la table qu'il a construite des rois des Assyriens, des Mèdes, des Perses, des Grecs et des empereurs romains, depuis l'ère de Nabonassar jusqu'à son temps, c'est-à-dire jusqu'au règne d'Antonin-le-Pieux. Enfin, on cite de lui un traité d'*Optique*, aujourd'hui perdu, mais qui a subsisté long-temps, et où l'on croit que les Arabes ont puisé des connaissances qu'ils se sont attribuées.

Tous ces ouvrages ont un objet utile, et honorent sa mémoire. Il n'en serait pas de même de certains livres sur l'astrologie judiciaire, qu'on lui a attribués, s'il en était véritablement l'auteur, mais de savans critiques l'ont disculpé d'une manière victorieuse. Sans doute quelques imposteurs ont cherché à étayer d'un grand nom leurs rêveries pernicieuses. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'Almageste et la Géographie, les deux plus grands ouvrages de Ptolemée, ne contiennent pas un mot d'astrologie judiciaire, quoique l'occasion d'en parler se soit présentée souvent, si réellement il y eût ajouté foi.

Ptolemée n'a pas cru à l'astrologie judiciaire.

Ptolemée eut, comme Archimède, l'ambition de transmettre à la postérité la mémoire de ses travaux, par un monument public. On lit dans un fragment astronomique d'*Olympiodore* et de

Théodore, savans de l'île de Mitilène, imprimé en 1668, par les soins de Bouillau, que Ptolemée avait consacré dans le temple de Sérapis à Canope, une inscription gravée sur le marbre, laquelle contenait les hypothèses de son astronomie, telles que la durée de l'année, les excentricités des orbites solaire et lunaire, la forme et les dimensions des épicycles des planètes, etc.

S'il y a eu de plus grands génies que Ptolemée, il n'y a point eu d'homme qui, eu égard au temps où il a vécu, ait rassemblé plus de connaissances vraiment utiles au progrès de l'astronomie.

XLIV.

De Ptolemée jusqu'aux Arabes, on ne voit point paraître d'astronome du premier ordre parmi les Grecs. L'école d'Alexandrie subsistait toujours; mais dans cet intervalle d'environ cinq cents ans, elle ne fit que conserver le goût et la tradition des sciences, sans y ajouter aucune découverte un peu importante. Elle produisit une foule de commentateurs d'Hipparque et de Ptolemée; on doit cependant citer avec distinction, dans ce nombre, le philosophe *Théon,* père de la célèbre et malheureuse Hypathia. Il reste de lui un savant commentaire sur les onze premiers livres de l'Almageste. Jean-Baptiste *Porta* a traduit en latin la première partie de ce commentaire; et par les excellentes

Décadence de l'astronomie grecque.

An de J. C. 400.

choses qu'elle contient, on regrette fort que les autres n'aient pas aussi été traduites. Hypathia ellemême avait calculé des *tables astronomiques* qui sont perdues. Son père lui attribue le troisième livre du commentaire sur l'Almageste.

XLV.

Calendrier ecclésiastique.

Les chrétiens n'ont pas oublié le service que la même école leur rendit pour l'établissement du calendrier ecclésiastique, au concile de Nicée, tenu en 325. Long-temps avant cette époque, il s'était introduit une extrême confusion dans la méthode embarrassante et défectueuse que la primitive église avait adoptée pour fixer chaque année le jour de Pâques, sur lequel elle réglait toutes les autres fêtes mobiles. Cette méthode était conforme à celle des juifs, qui célébraient leur pâque le quatorzième jour *du premier mois*, c'est-à-dire du mois lunaire dans lequel ce quatorzième jour tombait au jour même de l'équinoxe du printemps, ou suivait cet équinoxe le plus prochainement : avec cette restriction seulement, que la pâque des chrétiens devait être célébrée le jour du dimanche qui suivait le quatorzième jour. Lorsque ce quatorzième jour se trouvait un dimanche, quelques églises ne se faisaient pas un scrupule de célébrer alors la pâque, malgré la coïncidence du temps avec la pâque juive; mais le concile de Nicée défendit cet

usage, et ordonna que dans ces sortes de cas, la pâque chrétienne ne serait célébrée que le dimanche suivant. D'après cette disposition générale, il ne s'agissait plus que de fixer, d'une manière stable, le jour de l'équinoxe et l'âge de la lune, par rapport au soleil. On crut trouver ce moyen dans le cycle de *Meton*.

Dès l'année 278, la connaissance de ce cycle avait été répandue dans le monde chrétien par le savant *Anatolius*, formé à l'école d'Alexandrie, devenu fort jeune évêque de Laodicée, et enfin patriarche d'Alexandrie. Les pères du concile, instruits que l'équinoxe du printemps était arrivé le 21 mars de cette année 325, supposèrent qu'il devait avoir également lieu dans la suite à pareil jour et à pareille heure; et ils statuèrent qu'on réglerait l'âge de la lune conformément au cycle métonien. Il résultait des hypothèses du cycle, que toutes les années qui auraient le même nombre d'or, ou qui seraient également éloignées du commencement de chaque période de dix-neuf années solaires, devaient avoir leurs nouvelles lunes aux mêmes jours. Cependant les pères du concile, quoique d'ailleurs fort ignorans, savaient d'une manière confuse que cela n'arrivait pas exactement; ils pensèrent donc fort sensément qu'il fallait charger le patriarche d'Alexandrie de vérifier ou de faire vérifier par les astronomes qu'il était à

portée de consulter, les lunaisons pascales par le calcul, et d'en communiquer le résultat au pontife de Rome, qui annoncerait le jour précis de la pâque à tout le monde chrétien; mais ce sage réglement ne fut pas long-temps observé.

On ne tarda pas de reconnaître que ce système était défectueux. En 527, le moine *Denys* (surnommé le *Petit* à cause de sa petite taille), sans abandonner les principes d'Anatolius, proposa un nouveau cycle de cinq cent trente-deux ans. Ce nombre est composé des deux facteurs 19 et 28; le premier, 19, exprime le nombre des années solaires du cycle métonien, et comprend 235 lunaisons; ainsi, à cet égard, le cycle de Denys avait le même avantage qu'on attribuait au cycle métonien tout pur. Le second facteur, 28, exprime un nombre ou un cycle d'années solaires qui doivent s'écouler, suivant l'auteur, pour ramener chacun des sept jours de la semaine aux mêmes jours du mois : en quoi Denys prétendait acquérir un nouvel avantage; mais il aurait fallu pour cela que la durée de l'année solaire fût de 365 jours et un quart, ce qui est un peu trop fort. On voit par là que la période dyonisienne joint un défaut particulier à celui du cycle métonien pur. Nous verrons dans la suite les tentatives qu'on a faites pour perfectionner le calendrier. Ici je me contenterai d'ajouter que ce même chronologiste Denys est le premier qui ait

introduit l'usage où sont les peuples chrétiens, de compter les temps à dater de la naissance de Jésus-Christ.

XLVI.

Je terminerai ce chapitre par un petit recensement des instrumens de l'ancienne astronomie : j'ai déjà indiqué les principaux ; mais ce n'a été qu'en passant : et ce sujet mérite d'autant plus qu'on y revienne, que l'exactitude des observations et la confiance qu'on y doit prendre, dépendent surtout de la nature et de la perfection des instrumens avec lesquels elles ont été faites, indépendamment de l'adresse des observateurs qu'il faut toujours supposer. Instrumens de l'ancienne astronomie.

Tous les instrumens d'astronomie peuvent se ranger sous deux classes : les uns servent à mesurer le temps ; les autres, les distances et la position respectives des corps célestes, par la recherche et la combinaison de divers angles formés à l'œil du spectateur.

Nous avons remarqué que les anciens, après avoir réglé l'unité de numération du temps sur le cours du soleil ou de la lune, déterminaient les parties du jour par le moyen des clepsydres, des gnomons et des cadrans. Mesure du temps.

Les clepsydres, nécessairement imparfaites par le défaut d'uniformité dans l'écoulement des eaux, Clepsydres.

et par d'autres inconvéniens dans leurs constructions mécaniques, ne sont plus aujourd'hui d'aucun usage : elles n'ont laissé, pour ainsi dire, d'autres rejetons que nos *sabliers*, dont les moines ont fait si long-temps un objet d'occupation et d'amusement dans l'oisiveté des cloîtres.

Je renvoie ceux qui voudraient connaître le mécanisme des horloges d'eau au neuvième livre de Vitruve. On y trouve aussi la première notion du principe qui forme le son dans les *orgues*. Vitruve raconte que Ctesibius, voulant hausser et baisser à volonté un miroir, au moyen d'une corde, d'une poulie de renvoi, et d'un poids qui descendait dans un canal ou tuyau étroit, il s'aperçut que l'air inférieur, poussé avec violence par ce poids et allant choquer à sa sortie l'air extérieur, produisait un son semblable à la voix humaine. On a employé dans la suite d'autres moyens plus commodes pour souffler l'air dans les tuyaux d'orgue.

Quant aux gnomons et aux cadrans, ils ont conservé leur utilité, et nous leur donnerons un peu plus d'attention.

Gnomon. On a déjà vu que les premiers gnomons n'étaient qu'un simple style vertical, ou une colonne dont l'ombre la plus courte marquait l'heure du midi sur un plan horizontal. Dans la suite on étendit leur usage; on leur fit marquer aussi d'autres heures; on les employa à déterminer l'obliquité

de l'écliptique, les hauteurs du soleil à différentes heures. On leur donnait quelquefois des hauteurs considérables; on les faisait servir d'ornemens dans les jardins, dans les places publiques, etc. Ceux de cette dernière espèce étaient de grands obélisques élevés en plein air, aux sommets desquels on plaçait un globe dont l'ombre projetait l'image du soleil sur le terrain. Ils avaient un grand inconvénient; l'ombre du globe, étant environnée par la lumière du soleil, était nécessairement mal terminée; et d'autant plus mal, que le gnomon était plus haut et le soleil plus bas, comme il arrive au solstice d'hiver. Les modernes ont corrigé ce défaut en substituant à la boule une petite ouverture garnie d'un verre lenticulaire.

Cadrans.

Les cadrans sont de petits gnomons susceptibles de plusieurs variétés, soit dans leurs formes, soit dans leurs dimensions. Chez les anciens, qui n'avaient d'autres horloges que les clepsydres, ils étaient d'une utilité universelle pour connaître les heures du jour dans les usages civils. Aujourd'hui même, ils ne sont pas moins nécessaires dans les campagnes, ni même dans les villes où ils servent tout au moins à régler les horloges.

On construit des cadrans au soleil, à la lune et aux étoiles: les premiers sont incomparablement les plus usités. Un cadran est pour l'ordinaire un simple plan sur lequel les heures et portions d'heu-

res sont marquées par des projections d'ombre, ou par le jet d'un point lumineux qu'on fait passer au travers d'une plaque percée; quelquefois aussi on trace des cadrans sur des surfaces courbes, telles que celles d'un cône, d'un cylindre, d'une sphère, etc. Les principes de la construction sont les mêmes dans tous les cas : il n'y a de différence que dans la longueur et la multiplicité plus ou moins grande des opérations. Je me contenterai donc ici de donner une idée générale des cadrans solaires tracés sur des plans par des projections d'ombres. La solution de ce problème est facilement réductible à une simple question de géométrie, comme on va s'en convaincre.

Imaginons que le soleil, par sa révolution journalière, se meuve dans l'intérieur d'une sphère immense, dont le centre soit le même que celui du globe terrestre considéré comme immobile; et concevons ensuite que, par ce centre, passe un axe perpendiculaire à l'équateur, ainsi qu'à tous les parallèles que le soleil décrit successivement : il est évident qu'en attribuant une certaine grosseur à cet axe, le soleil en jettera continuellement l'ombre sur le cadran, c'est-à-dire, ici sur un plan fixe, donné de position, et passant par le centre de la sphère céleste. D'où il résulte que, pour marquer les heures du jour sur le cadran, il ne s'agit que de savoir déterminer les intersections du plan du

cadran, avec la suite des plans qui passent par le soleil à chaque instant de son mouvement et par l'axe du monde, problème qui n'a aucune difficulté pour les géomètres.

Le principe de cette construction suppose, comme on voit, que le rayon du globe terrestre est infiniment petit par rapport au rayon du cercle apparent que le soleil décrit chaque jour, ce qui peut être regardé comme sensiblement vrai dans la pratique.

On ne trace sur le cadran que les lignes indispensablement nécessaires. Le style implanté au cadran, et faisant partie de l'axe du monde, peut être plus ou moins long. Quelquefois on se contente de marquer les heures par l'arrivée de l'ombre du sommet du style aux lignes horaires.

Il y a des cadrans où l'on ne se borne pas à marquer les heures et portions d'heures, mais où l'on trace de plus quelques points remarquables de la route que suit l'ombre du sommet du style et l'entrée du soleil dans les signes du zodiaque. Par exemple, supposons un cadran horizontal pour la ville de Paris. Le rayon solaire qui passe par le sommet du style étant prolongé indéfiniment, et regardé comme une ligne physique et inflexible, on voit que, pendant la révolution du soleil, cette ligne décrira les surfaces de deux cônes opposés par le sommet qui est celui du style, et que l'om-

bre jetée par ce sommet formera sur le cadran, pour chaque jour ou chaque parallèle, une portion d'hyperbole, puisqu'en prolongeant le plan du cadran il couperait les deux cônes opposés : un autre parallèle donne une autre portion d'hyperbole. Or, comme toutes ces portions d'hyperbole, différentes de grandeur et de position, produiraient de la confusion sur le cadran si on les traçait en entier, on se contente de marquer les points d'ombre pour l'entrée du soleil dans chaque signe du zodiaque; on joint ces points de proche en proche, et on forme par là une suite d'arcs qu'on appelle les *arcs des signes*.

L'invention des cadrans est très-ancienne. Diogène de Laerce en attribue la première idée à Anaximène. On trouve dans le neuvième livre de Vitruve la description abrégée de plusieurs anciens cadrans, les noms qu'on leur donnait et ceux des auteurs qui les avaient imaginés. Nos lecteurs pourront consulter cet ouvrage et les excellentes notes dont Claude Perrault a accompagné la traduction qu'il en a donnée.

Mesure des angles et des distances

Les anciens, forcés de faire leurs observations à la vue simple, ont du moins porté au plus haut degré de perfection le mécanisme de leurs instrumens pour mesurer les angles et les distances. La sphère armillaire, dont j'ai parlé, en est une première preuve; elle se perfectionna avec le temps, et au-

jourd'hui même celle que nous employons pour nous rendre raison du système de Ptolemée, est telle que les anciens nous l'ont transmise.

Compas d'Aristarque pour mesurer les diamètres apparens du soleil et de la lune.

Le compas d'Aristarque, pour mesurer les diamètres apparens du soleil et de la lune, était formé par deux longues règles qui tournaient sur un axe commun fixé à l'une de leurs extrémités, et qui portaient à l'autre bout un limbe gradué, destiné à marquer les ouvertures des angles. Aristarque trouva, de cette manière, que le diamètre apparent du soleil est la sept cent vingtième partie de la circonférence du cercle décrit par le soleil dans son mouvement annuel, ce qui n'est pas loin de la vérité. Archimède, quelques années après, perfectionna ce même instrument.

Armilles d'Erathostène.

Suivant la description que Ptolemée donne (Alm. liv. 5.) des armilles d'Erathostène, c'était un assemblage de différens cercles, à peu près semblable à la sphère armillaire. Deux grands cercles fixes perpendiculaires entr'eux, représentaient l'horizon et le méridien du lieu : l'équateur, l'écliptique et les deux colures formaient dans l'intérieur un tout solide, mobile autour de l'axe de l'équateur. Un cercle particulier, mobile autour de l'axe de l'écliptique, était garni de pinnules diamétralement opposées, à travers lesquelles on observait les astres : ce même cercle touchait presque

l'écliptique par sa concavité : il portait un index pour marquer la division où on l'arrêtait.

Cette machine servait à plusieurs sortes d'observations. Par exemple, voulait-on déterminer les équinoxes d'où dépend la longueur de l'année? D'abord on disposait et on orientait l'instrument pour la latitude et le méridien du lieu, au moyen d'un fil à plomb et d'une ligne méridienne tracée sur le carreau, de telle sorte que l'équateur et le méridien se confondissent respectivement avec l'équateur et le méridien célestes; ensuite on attendait le moment où la surface inférieure et la surface supérieure du cercle mobile n'étaient plus éclairées par le soleil; ou plutôt on observait l'instant où l'ombre, projetée par la partie antérieure convexe, couvrait entièrement la partie concave. Si cela arrivait en effet complètement, c'était le moment de l'équinoxe; si cette condition n'était remplie qu'imparfaitement, on concluait que l'équinoxe avait eu lieu la nuit, et alors on choisissait deux observations où l'ombre projetée sur la partie concave l'avait été également en sens contraires, ce qui donnait par un milieu l'instant de l'équinoxe. Cette méthode ne pouvait donner que des à-peu-près; car sans compter les vices inévitables de l'instrument et des observations, on y négligeait l'effet des réfractions qui devaient hâter l'équinoxe du printemps et retarder celui d'automne.

Les armilles servaient encore à plusieurs autres usages, comme à déterminer immédiatement et sans calcul la longitude et la latitude d'un astre, les éclipses, etc. Mais les instrumens modernes, infiniment supérieurs à tous égards, les ont condamnées à l'oubli, au moins quant à la pratique dans les observations.

On doit à Ptolemée un instrument appelé *triquetrum* ou *règles parallactiques* *, dont il fit principalement usage pour déterminer la parallaxe de la lune, suivant la méthode que nous avons rapportée de lui, mais qu'on peut employer également à déterminer la distance d'un astre quelconque au zénith. Cet instrument est un assemblage de trois règles qui forment un triangle isocèle : l'angle du sommet varie, selon que l'astre observé est plus ou moins près du zénith ; les règles tournent circulairement autour des sommets des angles ; des deux côtés égaux et constans du triangle, l'un est vertical, l'autre, qui est incliné, porte des pinnules à travers lesquelles on observe l'astre ; le troisième côté, aussi incliné, varie en longueur, il est gradué sur une certaine étendue déterminée, et

Règles parallactiq. Alm. lib. v, cap. 12.

* On doit écrire *parallactiques* et non *parallatiques*. L'instrument *parallatique* a un usage différent, celui de suivre un astre dans son mouvement diurne parallèle à l'équateur.

les parties de la graduation ont un rapport connu au rayon ou au sinus total. Par là on connaît l'angle du sommet, ou la distance de l'astre au zénith.

Ces divers instrumens, les plus remarquables et les plus connus, en firent naître quelques autres, tels que les différentes sortes d'astrolabes; ils changèrent souvent de forme et de dimensions, sans changer réellement de nature, et sans acquérir, au moins sensiblement, un plus grand degré de perfection.

CHAPITRE VI.

Origine et progrès de l'Optique.

I.

Il ne faut pas s'arrêter aux explications physiques que les anciens, et en particulier Aristote, ont données des phénomènes de la vision : l'abus des qualités occultes y est porté à l'excès. Mais quelquefois ils se sont bornés à interroger la nature par la voix de l'expérience, et alors ils ont reçu des réponses utiles. Par exemple, l'école de Platon a connu distinctement les premiers principes de l'optique, c'est-à-dire, la propagation de la lumière en ligne droite, et la propriété qu'elle a de se réfléchir en faisant un angle égal à celui d'incidence.

Long-temps auparavant, on savait construire des miroirs de métal : on connaissait aussi l'usage du verre, et c'est, selon Pline, une invention due au hasard. « Des marchands de nitre qui traver- Académ. des belles-lettres, tom. 1, p. 10). » saient la Phénicie, voulant faire cuire leurs » viandes sur les bords du fleuve Bélus, et ne » trouvant point de pierres pour élever leurs tré- » pieds, s'avisèrent d'y mettre, au lieu de pierres,

» des morceaux de nitre. Alors la matière s'embrasa, s'incorpora avec le nitre, et forma de petits ruisseaux de matière transparente, qui, s'étant » figée à quelques pas de là, indiqua la manière de » faire le verre, qu'on a depuis infiniment perfectionnée ».

Au siècle de Socrate, la fabrication du verre avait fait des progrès marqués, et déjà même l'usage des verres ardens était fort commun. En voici la preuve tirée du second acte de la comédie des

An av. J. C. 433. *Nuées* d'Aristophane.

L'auteur introduit Socrate donnant des leçons de philosophie à Strepsiade, bourgeois grossier et malin. Ces leçons roulent sur des niaiseries, qui tendent à tourner Socrate en ridicule. Strepsiade, après lui avoir demandé la manière de ne point payer ses dettes, propose lui-même cet expédient. STREPSIADE. *Tu as vu chez les droguistes cette belle pierre transparente avec quoi on allume du feu?* SOCRATE. *N'est-ce pas du verre que tu veux dire?* STREP. *Justement.* SOCRATE. *Eh bien, qu'est-ce que tu en feras?* STREP. *Quand on me donnera une assignation, je prendrai cette pierre, et me mettant au soleil, je ferai fondre de loin toute l'écriture de l'assignation.* Cette écriture était tracée, comme on sait, sur de la cire qui couvrait une matière plus solide.

Il n'y a rien à répliquer à une telle preuve de

l'antiquité des verres ardens. De plus, l'effet annoncé par Strepsiade peut s'expliquer facilement de trois manières : on y pouvait employer un miroir concave réfléchissant les rayons solaires, ou un verre convexe donnant passage aux rayons, ou un assemblage de plusieurs miroirs plans, par réflexion. Dans le premier cas, il aurait fallu placer en haut l'assignation entre le miroir et le soleil, à l'endroit où les rayons solaires, après avoir frappé la concavité du miroir, viennent se réunir en se réfléchissant sous un angle égal à celui d'incidence; position incommode pour l'assignation, et dont il n'est pas à présumer que Strepsiade ait voulu parler; dans le second cas, l'assignation aurait été placée en bas, au foyer où les rayons solaires se réunissent après avoir traversé l'épaisseur de la calotte sphérique, ce qui n'a aucun embarras, aucune difficulté dans la pratique; enfin, le troisième moyen est également facile à mettre en œuvre, car il ne faut pour cela que disposer les miroirs plans, de manière que les rayons solaires venant les frapper, se réfléchissent suivant des lignes qui vont se réunir en un point, ou plutôt en un petit espace où ils forment un foyer ardent.

Il existe plusieurs autres observations anciennes du même phénomène. Pline fait mention de *boules de verre ou de boules de cristal, qui, exposées au soleil, brûlaient ou les habits ou les chairs* Hist. natur. lib. 36 et 37.

des malades qu'on voulait cautériser. Lactance, qui vivait vers l'an 303 de Jésus-Christ, dit *qu'une boule de verre pleine d'eau, et que l'on exposait au soleil, allumait du feu, même dans le plus grand froid.*

De irâ Dei.

II.

Miroirs ardens d'Archimède.

L'effet le plus mémorable des verres ardens dans l'antiquité, est celui des miroirs avec lesquels Archimède, suivant le témoignage de plusieurs anciens auteurs, embrasa la flotte des Romains au siége de Syracuse. Il a été regardé comme constant pendant plusieurs siècles; mais il a été traité de fable, et même supposé impossible par de savans auteurs modernes, lorsqu'on a commencé à soumettre la dioptrique à une théorie mathématique, dont je parlerai sous la troisième période. Qu'on me permette d'examiner ici la question en général, d'après les principes d'expérience et de raisonnement qui étaient à la portée de tous les esprits avant cette époque, et d'après le témoignage des anciens auteurs.

Tout le monde convient qu'Archimède n'aurait pu employer un verre dioptrique, ou par réfraction, quand même les localités l'auraient permis, parce qu'un tel verre n'aurait pu rassembler au même foyer les rayons solaires en quantité à beaucoup près suffisante pour produire un embrase-

ment, et parce que d'ailleurs la sphère dont il eût fait partie aurait eu un rayon immense. Il eût été inutile de chercher à augmenter la chaleur, en plaçant plusieurs miroirs dans un même lieu, parce qu'il aurait fallu leur donner à tous les mêmes dimensions et la même position par rapport au soleil et à l'objet à brûler; d'où l'on voit qu'ils se seraient exclus mutuellement. D'un autre côté, si on avait voulu placer des miroirs en divers lieux; outre que cela eût été très-embarrassant, et peut-être impraticable, comment se promettre de porter toutes leurs actions exactement sur un même point et dans un même temps : condition néanmoins absolument essentielle, sans quoi leurs effets successifs, et dès-lors insuffisans, eussent averti les Romains de s'éloigner ou de s'approcher?

Par des considérations semblables, on doit rejeter les miroirs catoptriques. Un miroir de cette espèce n'aurait donné qu'une quantité très-insuffisante de rayons solaires; et si, pour augmenter cette quantité, on avait augmenté l'étendue du miroir, les rayons solaires cessant alors d'être sensiblement parallèles, se seraient répandus sur un plus grand espace, et auraient perdu à proportion leur densité et leur force.

S'il n'y avait donc eu que les deux moyens précédens de mettre le feu à la flotte des Romains, les incrédules auraient raison de nier le fait. Mais pourquoi

assujétir les miroirs à des courbures qui n'admettent qu'un seul foyer, et qui excluent la combinaison de plusieurs miroirs de différens foyers? Archimède n'a-t-il pas pu concevoir l'idée d'assembler plusieurs petits miroirs plans; de les disposer entr'eux, et de les faire jouer par des mouvemens de charnière; de telle sorte qu'ils reçussent et renvoyassent ensuite vers un même point ou un même petit espace, les rayons solaires en assez grande quantité pour brûler du bois, des cordages et autres agrès, à la distance où la flotte romaine se trouvait à l'égard de Syracuse? Des expériences modernes ont produit de cette manière de semblables effets, comme on le verra dans la suite. Est-il permis de penser qu'Archimède eût trouvé de la difficulté à exécuter une telle machine, lui qui possédait, dans un souverain degré, le génie de l'invention, soit dans la théorie, soit dans la pratique? Il me semble donc que toute la question se réduit à savoir si Archimède a mis en effet le feu à la flotte des Romains: c'est sur quoi il faut consulter les monumens historiques.

Or, d'un côté, Polybe, Tite-Live et Plutarque, dans les descriptions qu'ils donnent du siége de Syracuse, ne font aucune mention des miroirs d'Archimède : à quoi néanmoins il faut ajouter que Plutarque, parlant en général avec admiration de l'effet des machines d'Archimède au siége de

Syracuse, a pu y comprendre tacitement les miroirs. D'autre part, Héron, Diodore de Sicile, Dion, Pappus, Anthémius, ont attesté les effets de ces mêmes miroirs. A la vérité, les ouvrages où les quatre premiers de ces auteurs en faisaient mention, sont perdus; mais ils existaient encore au douzième siècle; Zonaras et Tzetzès, écrivains de ce temps-là, les citent, et doivent en tenir lieu quant au fait dont il s'agit. Il nous reste d'Anthémius un fragment qui contient la théorie et l'explication de la machine que nous avons indiquée ci-dessus; et l'auteur affirme positivement qu'Archimède s'en servit en effet pour mettre le feu à la flotte des Romains.

Académ. des belles-lettres, t. XLII, p. 392.

D'après tous ces anciens témoignages, Zonaras raconte « qu'Archimède ayant reçu les rayons du » soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés et réfléchis par l'épaisseur et le poli du » miroir, il alluma une grande flamme qu'il lança » toute entière sur les vaisseaux qui mouillaient » dans la sphère de son activité, et qui furent tous » réduits en cendres ». Le même auteur ajoute qu'à cet exemple, Proclus brûla, avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien, qui assiégeait Constantinople, sous l'empire d'Anastase, l'an 514 de l'ère chrétienne.

Mém. de l'ac. des sciences, an 1717, p. 99.

Tzetzès donne une explication détaillée des miroirs d'Archimède, en suivant Anthémius, quoi-

que d'une manière un peu défectueuse. « Lorsque » Marcellus, dit-il, eut éloigné ses vaisseaux à la » portée du trait, Archimède fit jouer un miroir » hexagone, composé de plusieurs autres plus pe- » tits, qui avaient chacun vingt-quatre angles, et » qu'on pouvait mouvoir à l'aide de leurs char- » nières et de certaines lames de métal; il plaça ce » miroir de manière qu'il était coupé en son mi- » lieu par le méridien d'hiver et d'été, en sorte que » les rayons du soleil reçus sur ce miroir venant à » se briser, allumèrent un grand feu qui réduisit en » cendres les vaisseaux des Romains, quoiqu'ils » fussent éloignés de la portée du trait ». Malgré l'imperfection et l'obscurité de cette explication, malgré l'insuffisance de celle de Zonaras, il résulte que l'opinion générale des anciens auteurs était en faveur des miroirs d'Archimède. Il me semble que cette opinion ne peut pas être détruite par la preuve, purement négative, tirée du silence de Polybe et de Tite-Live.

Quelques personnes ont fait contre ces miroirs une objection à laquelle on attache beaucoup plus de force qu'elle n'en a réellement. En admettant, a-t-on dit, qu'Archimède eût pu mettre le feu aux vaisseaux des Romains, s'ils fussent demeurés fixement à la même place; il n'en sera pas de même lorsqu'on supposera, comme il faut le faire, qu'un vaisseau vienne à s'approcher ou à s'éloigner: car,

ajoute-t-on, à chaque mouvement qu'il fera, il faudra un temps considérable pour faire prendre aux facettes du miroir les positions que demandent les changemens de distance du miroir à l'objet qui doit être embrasé. A cela je réponds, 1.° qu'Archimède ayant une fois saisi le moment favorable pour l'embrasement, sans que les Romains eussent aucune connaissance de ses moyens, il a pu exécuter son projet très-promptement, et avant qu'on y ait apporté obstacle. 2.° Qu'avec toutes les ressources qu'il avait dans l'esprit, il a trouvé sans peine le moyen de faire varier l'inclinaison des facettes du miroir, pour suivre, au moins pendant quelque temps, le vaisseau qui cherchait à s'échapper. 3.° Enfin, qu'il a pu tenir en réserve plusieurs miroirs de différens foyers (ce qui est ici possible dans un même lieu), pour tous les cas qui pouvaient arriver, et qu'il était aisé de prévoir. La mobilité des vaisseaux n'est donc pas une raison suffisante de rejeter l'action des miroirs; et nous verrons dans la suite que des savans modernes, sans aucun égard à cette objection, ont cru pouvoir fonder la réalité des effets proposés, sur des expériences où les objets à embraser sont immobiles.

III.

Il y a dans la succession des connaissances humaines une malheureuse fatalité qui n'amène

Examen de la question si les anciens ont connu les lunettes.

presque jamais les plus utiles que les dernières. Les anciens, qui savaient employer avec tant d'art, tant de succès, la propriété que les verres ont de brûler, ignoraient l'usage bien plus important, bien plus avantageux qu'on en fait aujourd'hui pour grossir les objets et aider la vue affaiblie. Je sais que cette opinion n'est pas conforme à celle des antiquaires fanatiques, qui veulent à toute force que les anciens aient tout inventé, et ne nous aient laissé que la misérable gloire de les commenter. L'historien de l'académie des belles-lettres, dans

T. 1, p. 111. l'extrait qu'il donne d'un mémoire du savant *Valois, sur l'origine du verre et de ses effets chez les anciens*, s'exprime ainsi, sans citer aucun garant : « On lit qu'un Ptolomée, roi d'Egypte, avait » fait bâtir une tour ou un observatoire, dans une » île où était construit le phare d'Alexandrie, et » qu'au haut de cette tour il avait placé des lunettes » d'approche, d'une portée si prodigieuse, qu'il » découvrait de soixante milles les vaisseaux enne- » mis qui venaient à intention de faire quelque » descente sur les côtes ». Je n'examine point si on a pu construire une tour aussi haute qu'elle devait être pour y placer les prétendues lunettes : je me borne à faire observer qu'elles sont une véritable chimère. Est-il vraisemblable en effet que si les anciens avaient possédé une invention si belle, si utile, il n'en fût pas resté quelque mention, quelqu'indice

dans les auteurs contemporains ou suivans? Comment, par exemple, Sénèque, qui vivait après cette époque, puisque l'Egypte fut réduite en province romaine sous Cléopâtre; comment, dis-je, Sénèque n'en a-t-il eu aucune connaissance, lui qui dit simplement que *de petites lettres vues au travers d'une bouteille de verre pleine d'eau, paraissent plus grosses,* sans rien ajouter qui puisse avoir rapport aux lunettes? Une telle découverte n'aurait-elle pas produit dans les langues anciennes, comme elle a produit dans les langues modernes, une foule d'expressions métaphoriques? Les anciens, égarés par leur mauvaise physique sur la nature de la vision, n'imaginaient pas que par un mécanisme semblable à celui qui rassemble les rayons solaires en un foyer brûlant, on pouvait aussi rassembler une lumière douce et affaiblie, et former un faisceau de clarté qui favorise la fonction des yeux sans les blesser. Si l'on s'en tient aux preuves certaines, et non à de simples conjectures, qu'on peut toujours former en donnant l'entorse à quelques passages des anciens auteurs, on demeurera convaincu que l'invention des *besicles* ou des lunettes à mettre sur le nez, est simplement de la fin du treizième siècle. Celle des grandes lunettes, des lunettes astronomiques, des télescopes, est encore plus récente d'environ trois cents ans. Les verres propres à former ces instrumens, doivent

Quæst. na'.

être ou de très-grandes sphères, dont l'usage serait fort incommode et presqu'impossible, ou de très-petites portions de grandes sphères, ce qui est d'une pratique facile qu'on suit effectivement. Mais le dernier moyen suppose l'art de tailler le verre : art qui paraît avoir été absolument inconnu aux anciens, qui savaient seulement souffler le verre et en former des vases.

CHAPITRE VII.

Origine et progrès de l'Acoustique.

LE nom d'*acoustique*, inconnu aux anciens, a été inventé par les modernes, pour désigner, d'une manière abrégée, la partie des mathématiques qui considère le mouvement du son, les lois de sa propagation, et les rapports que divers sons ont entr'eux. Il y a une analogie marquée entre l'acoustique et l'optique, tant du côté de la théorie que des instrumens par lesquels on aide l'ouïe ou la vue.

L'air est le véhicule du son : lorsque l'on frappe un corps sonore, il frémit, fait des vibrations qu'il communique à l'air ambiant, et ce fluide les transmet, par des ondulations successives résultantes de son élasticité, jusqu'au tympan de l'oreille; espèce de tambour auquel aboutissent les nerfs auditifs. Le son a d'autant plus de plénitude ou de force, que le corps sonore est plus dense, plus élastique et plus violemment agité.

Une suite de sons qui se succèdent inégalement et sans ordre, ne forme qu'un simple bruit souvent très-désagréable. Mais lorsqu'il règne entre les sons des intervalles mesurés et des rapports assujétis à

des lois constantes et régulières, il en résulte une harmonie, une modulation qui plaît à l'oreille. Telle est la source du plaisir que la musique fait à tous les peuples.

Dans la comparaison réciproque de deux sons, l'un est aigu ou grave relativement à l'autre. Cette différence provient du nombre plus ou moins grand de vibrations que le corps sonore fait en un temps donné. Qu'on ait, par exemple, deux cordes de violon également tendues, d'égales grosseurs, mais dont l'une soit double de l'autre en longueur, et qu'on les tire de la direction rectiligne pour les mettre en vibration : alors pendant que la corde simple fait deux vibrations, la corde double n'en fait qu'une seule; le premier son est aigu, le second est grave. On dit de plus qu'ils sont à l'octave l'un à l'égard de l'autre, par la raison qu'ils forment les extrêmes des huit tons de la gamme musicale. La tension plus ou moins grande, mais toujours égale, des deux cordes, produit des sons plus ou moins forts, mais qui conservent entr'eux le même rapport.

Si vous voulez avoir les rapports des huit tons de la musique, vous y parviendrez en prenant huit cordes également tendues, de grosseurs égales, et dont les longueurs soient comme les nombres 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{1}{2}$. Les nombres de vibrations que ces huit cordes feront dans un même temps, se-

ront réciproquement proportionnels aux nombres précédens; et vous entendrez le son fondamental ou le plus grave de tous, la tierce mineure, la tierce majeure, la quarte, la quinte, la sixte mineure, la sixte majeure et l'octave.

Les mêmes rapports peuvent s'obtenir par le moyen d'une seule corde, eu la tendant diversement, de telle manière que les forces de tensions soient comme les nombres 1, $\frac{36}{25}$, $\frac{25}{16}$, $\frac{16}{9}$, $\frac{9}{4}$, $\frac{64}{26}$, $\frac{25}{9}$, 4.

Toutes ces proportions et plusieurs autres dérivent du théorème suivant : *Le nombre de vibrations que fait une corde, en un temps donné, est en général comme la racine carrée du quotient qu'on trouve, en divisant le poids qui tend la corde, par le produit fait du poids de la corde et de sa longueur.* Quoique ce théorème n'ait été trouvé que par les mécaniciens modernes, j'ai cru devoir le rapporter ici, parce qu'il va nous servir à apprécier les expériences attribuées à Pythagore, auteur des premières découvertes qu'on ait faites dans cette matière.

Nicomaque, ancien auteur d'arithmétique, raconte que Pythagore passaut un jour devant un atelier de forgerons qui frappaient un morceau de fer sur une enclume, il entendit avec surprise des sons qui s'accordaient aux intervalles de quarte, de quinte et d'octave; qu'en réfléchissant sur la cause de ce phénomène, il jugea qu'elle dépendait du

poids des marteaux, et que les ayant fait peser, il trouva que le poids du marteau le plus lourd, relatif au son fondamental, étant supposé représenté par 1, les poids des trois marteaux relatifs à la quarte, à la quinte et à l'octave en haut étaient comme les nombres $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$. Nicomaque ajoute que Pythagore étant de retour chez lui, voulut vérifier cette première expérience par celle-ci : il attacha horizontalement à un point fixe une corde qu'il fit passer sur un chevalet, et qu'il tendit plus ou moins, en la chargeant de différens poids ; il la mit en vibration, et il trouva que les poids correspondans à la quarte, à la quinte et à l'octave en haut, étaient entr'eux comme les poids des marteaux des forgerons.

En appliquant à ces expériences le théorème cité, on voit, ou qu'elles ne sont point exactes, ou qu'elles sont mal rapportées. Les longueurs de trois cordes, de même grosseur uniforme, qui, tendues par un même poids, donnent la quarte, la quinte et l'octave en haut, sont comme les trois fractions $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$; mais pour faire rendre la quarte, la quinte et l'octave en haut à une même corde, en la chargeant de différens poids, il faut que ces poids soient entr'eux comme les nombres $\frac{16}{9}$, $\frac{9}{4}$, 4. Il y a donc erreur, ou dans les rapports que Pythagore a trouvés entre les poids des marteaux, ou dans la manière dont on expose ses expériences. On aura

cru sans doute que les trois poids différens qui tendant une même corde, donnent la quarte, la quinte et l'octave, étaient entr'eux comme les longueurs de trois cordes différentes également tendues, qui donnent les trois mêmes sons; ce qui n'est pas vrai. Quoi qu'il en soit, il est certain que ces premières idées de Pythagore ont été la véritable source de la théorie de la musique. Comme cet art proprement dit n'emprunte que très-peu de secours des mathématiques, je ne m'étendrai pas davantage sur la musique des anciens, dont on trouve d'ailleurs l'histoire dans plusieurs ouvrages, et principalement dans les mémoires de l'académie des belles-lettres. Mais je reviendrai dans la suite à la théorie géométrique des cordes vibrantes, et du mouvement de l'air dans un tuyau : théorie qui est née dans ces derniers temps.

FIN DE LA PREMIÈRE PÉRIODE.

HISTOIRE
DES
MATHÉMATIQUES.

PÉRIODE SECONDE.

État des Mathématiques depuis leur renouvellement chez les Arabes, jusque vers la fin du quinzième siècle.

INTRODUCTION.

Les mathématiques florissaient toujours en Grèce, principalement dans l'école d'Alexaudrie, lorsqu'un peu avant le milieu du septième siècle il s'éleva contr'elles une affreuse tempête, qui les menaçait d'une extinction entière dans ces climats. On sait que dans ce temps-là Mahomet et ses premiers successeurs ravagèrent tout l'Orient et une partie de l'Europe. A la fureur des conquêtes se joignait le zèle frénétique de propager une religion d'au-

tant plus propre à séduire des peuples grossiers et ignorans, qu'elle flattait les passions les plus actives d'une nature sensuelle et dépravée. Les savans et les artistes, rassemblés de toutes parts au musée d'Alexandrie, furent massacrés ou chassés honteusement; quelques-uns périrent de misère; les autres allèrent traîner, dans les pays éloignés, les restes d'une vie languissante. On détruisit les lieux et les instrumens qui avaient servi à faire une immense quantité d'observations astronomiques. Enfin, ce précieux dépôt des connaissances humaines, la bibliothéque des rois d'Egypte, qui avait déjà souffert un incendie sous Jules César, fut entièrement livrée aux flammes par les Arabes. Le calife *Omar* ordonna qu'on brûlât tous ces livres, *parce que,* disait-il, *s'ils sont conformes à l'al-*
An de J. C. 638. *coran, ils sont inutiles, et s'ils y sont contraires, ils doivent être abhorrés et anéantis* : raisonnemens bien digne d'un brigand fanatique !

Il semblait que le sort des sciences, attaquées et détruites dans le centre de leur empire, était absolument désespéré; mais cette même vicissitude, qui produit tant de malheurs et tant de crimes, amène aussi quelquefois des révolutions avantageuses au genre humain. Tel fut le changement qui se fit bientôt dans les mœurs des Arabes. Ces peuples, comme tous ceux de l'Orient, avaient eu autrefois quelques notions des sciences et prin-

cipalement de l'astronomie. Si le fanatisme d'une religion sanguinaire étouffa d'abord ces germes précieux, il n'en dessécha pas entièrement les racines. Lorsque ces différentes nations furent lasses de s'exterminer mutuellement, leur férocité s'adoucit, et l'activité naturelle des Arabes se porta, dans le loisir de la paix, sur de nouveaux objets qui les attachaient autant et plus agréablement que les travaux de la guerre. On laissa disputer quelques théologiens sur les dogmes de l'alcoran : les meilleurs esprits s'appliquèrent à cultiver eux-mêmes les arts et les sciences qu'ils avaient voulu détruire. Cette révolution s'opéra en moins de cent vingt ans après la mort de Mahomet : il se forma parmi eux des poëtes, des orateurs, des mathématiciens, etc. On compte dans ce nombre plusieurs califes chez les Arabes; et ensuite plusieurs empereurs chez les Persans, quand ces deux peuples furent réunis sous la domination du dernier.

Les Arabes puisèrent dans une étude assidue des mathématiciens grecs, les principes de toutes les parties des sciences exactes. Munis de ces instructions préliminaires, ils devinrent les émules de leurs maîtres et se mirent en état de les traduire, de les commenter et d'ajouter quelquefois à leurs découvertes. Il existe plusieurs ouvrages grecs que nous n'avons commencé à connaître que par les traductions des Arabes : tels sont Aristote,

Euclide, Ptolémée, Galien, etc., qui furent d'abord traduits de l'arabe en latin avant qu'on s'occupât à ce travail immédiatement d'après le grec. Quelques autres ouvrages grecs, dont les originaux sont perdus, nous sont arrivés par les traductions des Arabes; nous avons de cette manière le cinquième, le sixième et le septième livres des *Coniques* d'Apollonius : l'opinion commune est que nous tenons de la même source l'ouvrage d'Archimède : *de humido insidentibus*, etc. Ces peuples ont donc bien mérité des sciences; ils en ont renoué la chaîne; ils ont instruit d'autres peuples; la postérité ne doit pas oublier des services d'une si haute importance. Entrons dans quelques détails.

CHAPITRE PREMIER.

Arithmétique et Algèbre des Arabes.

I.

L'INGÉNIEUX système de numération arithmétique dont tous les peuples modernes se servent, est un bienfait des Arabes. Il a sur tous les anciens systèmes, l'avantage de la clarté et de la simplicité : on sait qu'avec dix caractères auxquels on fait occuper différentes places, on peut exprimer, de la manière la plus commode, un nombre immense par la multitude de ses unités. Quelques écrivains prétendent que les Arabes tenaient cette idée des Indiens : les raisons qu'ils en apportent ne me paraissent pas fort convaincantes. Sans entrer dans cette discussion oiseuse, je me contenterai de dire que nous devons immédiatement aux Arabes l'arithmétique telle que nous la pratiquons aujourd'hui. Le célèbre Gerbert, qui fut dans la suite pape, sous le nom de Silvestre II, alla puiser cette science en Espagne, où les Arabes dominaient alors, et il la répandit dans le reste de l'Europe, vers l'an 960. Arithmétique des Arabes.

II.

Algèbre des Arabes.

Algebra, cap. 11, pag. 5.

Il y a une grande diversité d'opinions sur l'origine de l'algèbre proprement dite. Quelques auteurs modernes, entr'autres le célèbre analyste Wallis, dont j'aurai occasion de parler plus amplement dans la suite, prétendent que les anciens géomètres grecs, Euclide, Archimède, Apollonius, etc., possédaient une algèbre semblable à la nôtre, au moyen de laquelle ils avaient trouvé leurs propositions; et que, cherchant ensuite à les démontrer d'une manière plus rigoureuse et à cacher l'art de l'invention, ils y avaient employé les méthodes synthétiques, les réductions à l'absurde, compliquées et indirectes, qu'on lit dans leurs ouvrages. Si cette opinion était vraie, elle inculperait ces grands hommes d'une charlatanerie systématique et traditionnelle, ce qui est invraisemblable en soi-même et ne pourrait être admis sans les preuves les plus évidentes. Or, sur quoi une telle opinion est-elle fondée? Sur quelques anciennes propositions, tirées principalement du treizième livre d'Euclide, où l'on a cru reconnaître l'algèbre, mais qui ne supposent réellement que l'analyse géométrique, dans laquelle les anciens étaient fort exercés, comme je l'ai déjà marqué. Il paraît certain que les Grecs n'ont commencé à connaître l'algèbre qu'au temps de Diophante. Reste à savoir

si les Arabes l'ont puisée dans cet auteur qu'ils traduisirent un des premiers, ou dans quelqu'autre source, ou s'ils n'en sont pas eux-mêmes les inventeurs. Les savans sont partagés sur ces trois questions.

Wallis, que je viens de citer, pense que les pag. 4 et 5. Arabes avaient appris l'algèbre des Indiens bien long-temps avant Diophante, qui n'est venu que An de J. C. 350. fort tard. Il ajoute que, s'ils ont emprunté quelque chose de lui, ils ont du moins fait plusieurs changemens dans les définitions et les dénominations qu'il emploie. Par exemple, il appelle les puissances deuxième, troisième, quatrième, etc., d'un nombre, *le carré,* ou simplement *la puissance, le cube, le carré-carré, le carré-cube,* etc. : les dénominations des Arabes sont : *le carré, le cube, le premier sur solide, le second sur solide, le troisième sur solide,* etc. ; d'où Wallis, faisant un nouveau pas, croit pouvoir conclure que les Arabes ne tiennent point leur algèbre des Grecs. Nos lecteurs apprécieront la valeur de ces conjectures, sur lesquelles il serait fort inutile de s'étendre davantage.

Nous ne connaissons pas bien exactement l'étendue des progrès que les Arabes avaient faits dans l'algèbre ; mais nous avons quelques indices qu'ils étaient parvenus jusqu'à résoudre les équations du troisième degré, et même quelques cas particu-

liers du quatrième : en quoi ils sont allés plus loin que Diophante, qui ne passe pas le second degré. On apporte en preuve, qu'il existe dans la bibliothéque de Leyde, un manuscrit arabe qui a pour titre : *L'Algèbre des équations cubiques, ou la résolution des problèmes solides.*

CHAPITRE II.

Géométrie des Arabes.

I.

ON compte plusieurs savans géomètres arabes. Un de leurs premiers soins fut de traduire les ouvrages élémentaires des Grecs, tels que les élémens d'Euclide, le traité de *Sphœrâ et cylindro* d'Archimède; les *Sphériques* de Théodose; le traité des *Triangles sphériques* de Ménélaüs, etc. Bientôt ils s'élevèrent à la géométrie transcendante ou des courbes anciennes : la doctrine des *coniques* d'Apollonius leur devint familière.

De proche en proche leurs connaissances s'étendirent à la statique, à l'hydrostatique, à l'astronomie, etc.

II.

Trigonométrie perfectionnée par les Arabes.

La trigonométrie doit aux Arabes la forme simple et commode qu'elle a aujourd'hui. Ils réduisirent la théorie de la résolution des triangles, tant rectilignes que sphériques, à un petit nombre de propositions faciles; et, par la substitution qu'ils introduisirent des *sinus* à la place des *cordes* des

arcs doubles qu'on employait auparavant, ils portèrent dans les calculs trigonométriques des abréviations inestimables pour ceux qui ont à résoudre un grand nombre de triangles. On attribue principalement ces découvertes à un géomètre astronome appelé *Mohammed-Ben-Musa**, auteur d'un ouvrage subsistant, intitulé : *De figuris planis et sphæricis;* et à un autre géomètre astronome plus connu, *Geber-Ben-Aphla,* qui vivait dans l'onzième siècle, et dont nous avons un commentaire sur Ptolémée.

On a sur la géodésie un ouvrage élégant de *Mahomet* de Bagdad, ouvrage que quelques auteurs ont attribué à Euclide, sans en donner aucune raison.

---

* J'écris tous ces noms arabes suivant l'ortographe la plus commode et la plus usitée.

CHAPITRE III.

Astronomie des Arabes.

I.

L'ASTRONOMIE est la partie des mathématiques que les Arabes ont le plus cultivée, et dans laquelle ils ont fait les découvertes les plus remarquables. Un grand nombre de leurs califes ont été eux-mêmes d'excellens astronomes. Rien n'égale la magnificence des observatoires et des instrumens qu'ils firent construire pour le progrès de cette science, qui a plus besoin que toutes les autres de la protection des souverains. Notions générales.

Je ne citerai ici que les principaux astronomes arabes, et parmi eux je distinguerai surtout les califes qui l'ont mérité; parce que les exemples des princes qui, à la gloire de bien gouverner les hommes, joignent encore celle de les éclairer, ont un droit particulier au respect, à l'admiration et à la reconnaissance de la postérité.

II.

La théorie des mouvemens du soleil et de la lune a principalement occupé les Arabes. Nous Principales recherches des astronomes arabes.

avons déjà remarqué qu'ils réglaient le temps sur le mouvement de la lune. Leurs mois étaient alternativement de vingt-neuf jours et de trente jours; ce qui donnait trois cent cinquante-quatre jours pour la durée de l'année lunaire; mais comme le mois synodique, ou la durée de chaque révolution lunaire par rapport au soleil, est de vingt-neuf jours douze heures quarante-quatre minutes trois secondes, la durée de l'année lunaire arabe était moindre que la durée véritable de douze révolutions lunaires par rapport au soleil, de huit heures quarante-huit minutes trente-six secondes. De là, pour faire disparaître cette différence, qui laissait la lune en arrière du soleil, dans leurs mouvemens d'occident en orient, et pour faire coïncider les positions de ces deux astres, on était obligé d'ajouter de temps en temps un jour à la période de trois cent cinquante-quatre jours.

Cette théorie comparative des mouvemens du soleil et de la lune demandait essentiellement que l'on connût la route apparente du soleil dans le ciel et l'obliquité de l'écliptique. Les Arabes s'appliquèrent avec un extrême soin à les déterminer et à rectifier les mesures que Ptolémée avait établies d'après les anciennes observations. *Flamsteed* rapporte dans son *Histoire céleste* la suite de leurs travaux sur ce sujet : on les voit continuellement diminuer peu à peu l'obliquité de l'écliptique; et

enfin, au bout d'environ sept cents ans, ils parviennent à ne différer que d'environ deux minutes, de la détermination moderne, qui la fait de vingt-trois degrés vingt-trois minutes trente secondes, à peu de chose près.

Pour donner un peu de développement à ces indications générales, je crois devoir entrer dans quelques détails sur les travaux des plus célèbres astronomes arabes.

III.

Un des premiers qui se présente est le calife *Abougiafar*, surnommé *Almansor* ou le *Victorieux*, prince philosophe et appliqué, curieux de toutes les sciences et principalement de l'astronomie, à laquelle il donnait le temps dont ses devoirs indispensables lui permettaient de disposer. Son règne est l'époque où tout le système des connaissances humaines reçoit chez les Arabes une impulsion toujours croissante pendant plusieurs siècles.

Almansor commence à régner en 754, meurt en 775.

Presque tous les successeurs d'Almansor eurent les mêmes goûts pour les sciences. Son petit-fils *Haroun*, surnommé *Al-Raschild*, cultiva la mécanique et l'astronomie. Dans une ambassade solennelle qu'il envoya, en 799, à notre roi Charlemagne, sur sa grande réputation, il lui fit présent d'une clépsydre ou horloge d'eau, dont le méca-

Raschild commence à régner en 786, meurt en 809.

nisme était vraiment merveilleux, si l'on peut s'en rapporter entièrement à la description qu'en ont donnée quelques auteurs. On y lit que sur le cadran étaient pratiquées douze portes, qui marquaient la division des heures; que chacune d'elles s'ouvrait à l'heure qu'elle indiquait, pour donner passage à de petites boules qui, tombant sur un timbre d'airain, frappaient les heures; qu'elles demeuraient ouvertes jusqu'à la douzième heure, et qu'alors douze petits cavaliers sortaient ensemble, faisaient le tour du cadran et refermaient les portes. Il y a peut-être quelque chose à rabattre ou à changer dans tout ce beau récit; mais ce qu'on peut affirmer certainement, c'est que cette machine fut regardée comme un prodige en Europe, où les esprits n'étaient occupés que de futilités théologiques ou grammaticales.

Art de vérifier les dates (édit. de 1735) t. 1, pag. 474

IV.

Almamon commence à régner en 813, meurt en 833.

Haroun eut deux fils qui régnèrent successivement après lui. Le second, nommé *Almamon*, instruit dans les sciences par *Musva*, médecin chrétien, mit tout en usage, bienfaits, exhortations, exemple, pour porter ses sujets à s'y livrer avec ardeur : il fit traduire tous les ouvrages grecs qu'il put se procurer, et en particulier l'Almageste de Ptolémée. Quelques auteurs rapportent même que, dans un traité de paix, où il imposa des lois à

l'empereur grec Michel III, il exigea qu'on lui donnerait plusieurs manuscrits grecs que possédaient les empereurs de Constantinople. Il faisait lui-même des observations; il en indiquait d'autres que ses affaires ne lui permettaient pas de suivre. Par exemple, on détermina par ses ordres, à Bagdad et à Damas, l'obliquité de l'écliptique, qui fut trouvée de 23 degrés 35 minutes, résultat moindre que celui des astronomes précédens et plus conforme à la vérité

Une autre importante question, résolue imparfaitement par les anciens, attira son attention particulière: il fit mesurer un degré terrestre par une méthode très-directe et très-exacte, au moins quant à la théorie. Les uns disent que ce fut dans une vaste plaine de la Mésopotamie, appelée *Singiar;* les autres dans le désert de *Sandjiard,* dépendant de la province de *Diar-Rabia.* Le lieu est assez indifférent : il s'agit seulement du résultat. Deux troupes d'excellens mathématiciens étant parties d'un même point et allant en sens contraires, suivant la direction du méridien, s'éloignèrent jusqu'à ce que le pôle se fût abaissé ou élevé d'un degré; et en même temps on déterminait l'espace parcouru sur la terre. De retour au point de départ, les mathématiciens s'accordèrent à conclure que la longueur du degré terrestre était de 56 *milles* deux tiers, le *mille* étant composé de 4000 cou-

An 1300. dées. Or, selon *Abulfeda,* auteur arabe, la coudée occupe une étendue de 162 grains d'orge placés les uns à côté des autres; et, selon les expériences que Thévenot rapporte dans la relation de son
An 1663. *Voyage d'Asie,* il faut 144 grains d'orge, ainsi disposés, pour former une étendue d'un pied et demi de Paris. D'après ces données, la longueur du degré seroit de 63750 de nos toises, ce qui excède d'environ 6000 toises la détermination moderne. Sans doute cet excès considérable doit être attribué à quelqu'inexactitude dans la déter-
An 960. mination de la coudée. Selon *Almassoudi,* auteur arabe, la longueur du degré terrestre fut trouvée de 56 *milles ;* le mille est de 4000 coudées; la coudée est la longueur de 142 grains d'orge; et par conséquent, si l'on applique ici les expériences de Thévenot, on trouvera que la longueur du degré terrestre est seulement de 53123 de nos toises, ce qui s'approche plus, mais par défaut, de la mesure moderne. On voit que cette dernière mesure tient une espèce de milieu entre les deux mesures arabes, qui sont malheureusement l'une et l'autre trop éloignées de la vérité pour qu'on puisse y prendre confiance.

Enfin, pour faciliter de plus en plus l'étude et les progrès de l'astronomie, Almamon fit composer, par les hommes les plus instruits dans cette science, un ouvrage intitulé : *Astronomia ela-*

borata à compluribus D. D. jussu regis Maimon, qui subsiste encore en manuscrit dans plusieurs bibliothèques. La ville de Bagdad, située à peu près au même endroit que l'ancienne Babylone, fut embellie et accrue par ses soins; elle devint le séjour ordinaire des califes. Il y avait dans cette ville des écoles pour toutes les sciences et en particulier pour l'astronomie. Almamon emporta dans le tombeau la gloire d'avoir été le prince le plus humain, le plus sage et le plus savant qui eût encore occupé le trône des califes.

V.

Dans le siècle d'Almamon fleurirent plusieurs astronomes célèbres, parmi lesquels on remarque surtout ***Alfraganus, Thébit-Ibn-Chora,*** et ***Albatenius.***

Alfraganus composa des élémens d'astronomie : An de J. C. 850.
livre presque classique autrefois, même dans l'occident, et dont il a été fait plusieurs éditions depuis la découverte de l'imprimerie. Il écrivit aussi des traités sur les ***horloges solaires*** et sur l'***astrolabe,*** conservés en manuscrits dans quelques bibliothéques. On raconte qu'il avait une extrême facilité à faire les calculs les plus compliqués, ce qui le fit surnommer le ***Calculateur.***

Thébit était analyste, géomètre et astronome. An de J. C. 86?.
On cite de lui une observation de l'obliquité de

l'écliptique, qu'il trouva de vingt-trois degrés trente-trois minutes trente secondes. Il imagina de rapporter le mouvement du soleil, non pas aux points équinoxiaux, qui sont mobiles, mais aux étoiles fixes; et il parvint à déterminer la longueur de l'année sydérale, à peu près telle qu'on la trouve aujourd'hui; résultat heureux qu'on ne peut guère attribuer qu'au hasard; car Ptolémée, dont les Arabes suivaient en général la doctrine, avait un peu embrouillé les élémens du problème. Cette réflexion acquerra une nouvelle force, si l'on considère que Thébit n'avait pas une idée bien juste de la position des étoiles par rapport au ciel fixe; il pensait, avec Hipparque et Ptolémée, qu'elles avaient un petit mouvement d'occident en orient; mais il ajoutait, et son opinion trouva croyance, qu'au bout d'un certain temps elles revenaient sur leurs pas, puis reprenaient leur première direction pour rétrograder de nouveau; ainsi de suite alternativement; d'où résultait une espèce de *trépidation* dont les mouvemens partiels étaient de plus sujets à des inégalités : système détruit par les observations. Thébit admettait un semblable mouvement de trépidation dans l'obliquité de l'écliptique.

VI.

An de J. C. 879. Albaténius a été un des plus grands promoteurs

de l'astronomie. Ses nombreuses observations, et les connaissances importantes qu'il en a tirées, l'ont fait surnommer le Ptolemée des Arabes, comparaison peut-être honorable au Ptolemée grec, du côté du génie. Il fut commandant pour les califes en Syrie, et il fit ses observations en partie à Antioche, capitale de son gouvernement; en partie à Aracte, ville considérable de la Mésopotamie. Voici une idée succincte de ses travaux.

Albaténius détermine à peu de chose près le mouvement des étoiles en longitude.

Une discussion exacte des anciennes observations, et la comparaison qu'il en fit avec les siennes propres, lui firent connaître que Ptolemée avait trop ralenti le mouvement des étoiles en longitude, en le supposant seulement d'un degré en cent ans; et il trouva à peu près le même résultat qu'Hipparque, c'est-à-dire que ce mouvement était d'un degré en soixante-dix ans. Suivant les observations modernes, il est d'un degré en soixante-douze ans.

Il détermine très-exactement l'excentricité de l'écliptique.

Albaténius approcha davantage de la vérité dans la recherche de l'excentricité de l'orbite solaire. Il s'en faut très-peu de chose qu'il ne l'ait trouvée telle que les observations modernes la donnent. Il y a même des astronomes de ces derniers temps qui regardent la mesure d'Albaténius comme très-exacte, sauf les petites erreurs inévitables dans les résultats des meilleures observations.

Son calcul de la durée de l'année, qu'il faisait

Il fait la durée de l'année trop courte d'environ 2 minutes.

de 365 jours 5 heures 46 minutes 24 secondes, s'écarte en moins d'environ deux minutes de la véritable durée. Mais le célèbre Halley a fait voir que l'erreur d'Albaténius vient de sa trop grande confiance aux observations de Ptolemée; et que, s'il avait comparé immédiatement ses propres observations avec celle d'Hipparque, il aurait beaucoup plus approché de la vérité.

Albatenius découvre le mouvement de l'apogée du soleil.

Avant l'astronome arabe, on regardait l'apogée du soleil comme immobile : Albaténius fit voir que ce point a un petit mouvement suivant l'ordre des signes, lequel surpasse un peu celui des étoiles : recherche délicate dont les observations modernes et la théorie de la gravitation universelle ont démontré la nécessité et l'importance.

Il rectifie les théories de Ptolemée sur les mouvemens des planètes, construit de nouvelles tables.

Enfin, ayant reconnu l'insuffisance et les défauts des théories de Ptolemée sur les mouvemens des planètes, Albaténius mit tous ses soins à les corriger et à les perfectionner. La découverte qu'il avait faite du mouvement de l'apogée du soleil, lui fit soupçonner de semblables inégalités dans les mouvemens des autres planètes; et les théories modernes ont encore converti ce soupçon en certitude. Au moyen de toutes ces connaissances, Albaténius substitua de nouvelles tables à celles de Ptolemée, et par là il rendit un service essentiel aux astronomes, celui de faciliter ou d'abréger leurs calculs pour un temps. Je dis, *pour un temps*,

car on sait que, même aujourd'hui, les meilleures tables ont besoin d'être corrigées et rectifiées à mesure que les observations se multiplient et se perfectionnent. Les ouvrages d'Albaténius ont été recueillis en un volume in-4.°, sous ce titre : *De scientiâ stellarum,* dont il y a eu deux éditions; l'une, en 1537; l'autre, en 1646.

On cite encore plusieurs savans arabes, qui continuèrent d'observer le ciel et de perfectionner toutes les branches de l'astronomie. Non-seulement ces peuples cultivaient les mathématiques, ils en étaient encore les apôtres. Ils les portaient et les répandaient chez toutes les nations soumises à leur puissance. Montuela donne, dans son *histoire,* une ample liste de mathématiciens, arabes de nation ou disciples des Arabes, et quelques notices de leurs ouvrages. La plupart de ces détails étant liés à des noms barbares que je ne pourrais rapporter sans fatiguer mes lecteurs, je me borne toujours aux principaux traits qui peuvent servir à faire connaître les obligations que les sciences ont aux Arabes.

VII.

Sous la dynastie des califes *Fathimites,* qui régnèrent en Egypte pendant l'espace d'environ deux cents ans, fleurirent plusieurs excellens astronomes. L'un d'entr'eux, *Ebn-Iounis,* nous a Astronomie en Egypte. An 1004.

transmis la plupart de leurs observations avec les siennes propres, dans une espèce d'histoire céleste qu'il dédia au calife *Hakem*, et dont il existe un ancien manuscrit arabe qui appartient à la bibliothèque de Leyde. On connaissait déjà à peu près la teneur de ce manuscrit par divers extraits. Suivant la notice exacte qu'en a donnée un de nos grands astronomes (M. Delambre), il contient vingt-huit observations d'éclipses de soleil ou de lune, depuis l'an 829 jusqu'à l'an 1004; sept observations d'équinoxes, depuis l'an 830 jusqu'à l'an 851; une observation du solstice d'été en l'an 832; une observation de l'obliquité de l'écliptique, faite à Damas, de 23 degrés 35 minutes; une partie de la table des mouvemens du soleil et de la lune, qu'Ebn-Iounis avait construite sur des données plus exactes que celles de Ptolemée. Dans le nombre des observations d'éclipses, il s'en trouve trois remarquables; deux de soleil et la troisième de lune, faites par cet astronome près du Caire, aux années 977, 978 et 979. Je dis *remarquables*, parce qu'elles sont les seules sur lesquelles on puisse établir la réalité de l'accélération qui doit avoir lieu, suivant les théories modernes, dans le mouvement moyen de la lune.

Mém. de l'Institut, t. II, pag. 1.

Ces indications générales ayant fait désirer à notre institut d'avoir communication du manuscrit original de Leyde, la république batave le lui a fait

remettre et confier par son ambassadeur. On l'a examiné avec soin : on n'y a pas trouvé d'autres observations que celles dont je viens de parler : il ne donne aucun des renseignemens qu'on espérait sur les instrumens des Arabes, et leur manière d'observer ; mais il a servi du moins à faire plusieurs corrections importantes dans les résultats qu'on en avait tirés. M. Caussin, professeur d'arabe au collége de France, a donné la traduction de ce manuscrit, et il l'a accompagnée d'excellentes notes. Voyez le tome VII du recueil intitulé : *Notices et extraits des manuscrits de la bibliothéque nationale et autres bibliothéques.*

VIII.

Les Arabes établis dans l'Espagne qu'ils avaient conquise en grande partie, au huitième siècle, y cultivèrent les sciences avec la même ardeur et le même succès que dans l'orient. L'astronomie était principalement l'objet de leurs travaux. Ils bâtirent des observatoires dans plusieurs villes d'Espagne. Astronomie en Espagne

Arsachel, l'un des plus distingués entr'eux, perfectionna la théorie du soleil. Par une méthode plus simple et plus susceptible d'exactitude que celles dont Hipparque et Ptolemée s'étaient servis, il fit quelques changemens heureux dans les di- An de J. C. 1020.

mensions qu'ils avaient données à l'orbite solaire. On croit aussi qu'il découvrit dans le mouvement du soleil certaines inégalités dont les observations modernes et la théorie newtonienne ont depuis constaté l'existence, ce qui l'a fait regarder comme un astronome très-exact et très-attentif. Il composa un recueil de tables intitulé : *Tabulæ Toledanæ,* du nom de la ville de Tolède, où il faisait sa résidence.

IX.

Alhazen, autre astronome arabe du même temps, fixé également en Espagne, concourut au progrès de l'astronomie, par un *Traité d'Optique,* divisé en sept livres, dans lequel on trouve le premier essai de théorie qui ait paru sur la lumière réfléchie ou réfractée. On savait que lorsqu'un rayon lumineux tombe obliquement sur une surface polie, il se réfléchit en faisant un angle égal à celui d'incidence. Alhazen développa ce principe; il en fit l'application à la réflexion des rayons solaires sur différentes sortes de miroirs, plans, sphériques, convexes et concaves, etc. La réfraction de la lumière lui ouvrit un autre champ de recherches plus étendues et plus difficiles. Il observa d'abord que si un rayon de lumière passe d'un milieu dans un autre qu'il puisse pénétrer, il continue à se mouvoir en ligne droite, lorsqu'il

tombe perpendiculairement à la surface qui sépare les deux milieux; mais que s'il tombe obliquement, il se détourne de sa première direction, s'approchant ou s'éloignant de la perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux, selon que le premier milieu est *moins* ou *plus* dense que le second. Par exemple, dans le passage oblique de l'air dans le verre, le rayon s'approche de la perpendiculaire, et il s'en éloigne, au contraire, lorsqu'il passe du verre dans l'air. Tout cela a été confirmé par les expériences modernes. Alhazen va même jusqu'à trouver, d'une manière qui n'est pas fort éloignée de la vérité, le rapport des angles d'incidence et de réfraction, pour le passage de l'air dans le verre, ou du verre dans l'air. Il a mieux connu que ses prédécesseurs les effets des réfractions astronomiques; il donne des bornes à notre atmosphère terrestre, et il fait voir que les rayons lumineux venant des corps célestes, doivent se briser ou changer de direction, en entrant dans cette atmosphère, et élever les astres, ou les faire paraître plus voisins du zénith, qu'ils ne le sont réellement. Par là, il indique la véritable cause des *crépuscules,* c'est-à-dire de cette clarté douce, qui précède le lever du soleil et augmente par degrés, ou qui subsiste après le coucher du soleil, et s'affaiblit également par degrés. Mais sur toutes ces choses, Alhazen n'a point établi de résultats précis : ces

connaissances étaient réservées aux temps postérieurs.

La manière dont Mallebranche explique pourquoi la lune nous paraît plus grande lorsqu'elle se lève que lorsqu'elle est fort haute au-dessus de l'horizon, se trouve dans l'optique d'Alhazen, que Mallebranche ne connaissait pas sans doute, puisqu'il ne l'a pas citée. Cette explication est que les terres et les autres objets interposés, nous portant à croire, par une erreur des sens, que la lune est plus loin de nous, quand elle est à l'horizon, que lorsqu'elle est au méridien; nous concluons qu'elle est plus grande dans le premier cas que dans le second. Quelques écrivains modernes ont cru rendre une meilleure raison de ce phénomène, en disant, d'après Aristote, que le ciel forme comme une voûte surbaissée, dans laquelle la lune doit être vue sous un moindre angle, et par conséquent jugée plus petite quand elle est au méridien que lorsqu'elle est à l'horizon. Reste à expliquer ce surbaissement de la voûte céleste, ce qui ramène la question au point où Alhazen et Mallebranche l'ont trouvée.

Des critiques prétendent qu'Alhazen n'a fait que traduire ou commenter un ouvrage que Ptolemée avait composé sur la même matière : ouvrage cité par d'autres auteurs arabes, et maintenant perdu. Cette opinion peut être contredite, puis-

que les anciens astronomes, et Ptolemée lui-même, n'avaient point égard à l'effet des réfractions dans leurs observations. Quoi qu'il en soit, Alhazen a du moins la gloire d'avoir indiqué clairement cet effet, et d'avoir fait sentir la nécessité d'en tenir compte dans le calcul astronomique.

X.

On place encore en Espagne, à peu près vers le même temps, plusieurs autres mathématiciens arabes, tels que *Geber,* regardé mal à propos, d'après son nom, comme l'inventeur de l'algèbre; *Almansor* ou *Alméon,* qui fit une très-bonne observation de l'écliptique; *Averroès,* célèbre médecin de Cordoue, abréviateur et commentateur de Ptolemée, très-savant pour son temps dans la physique et les mathématiques, etc.

Quelques-uns de ces anciens savans arabes se transportèrent par goût dans les pays du nord de l'Europe: les connaissances qu'ils y portèrent se confondirent avec celles de leurs disciples, et aujourd'hui il est impossible de faire le partage des uns et des autres.

XI.

Il paraît que les Arabes n'ont pas employé d'autres instrumens que ceux des anciens astronomes, sauf quelques changemens dans les dimensions ou

Instrumens des Arabes.

dans la disposition de certaines pièces. Quelques-uns de leurs auteurs rapportent qu'en l'année 995, on observa l'obliquité de l'écliptique avec un quart de cercle de 15 coudées de rayon, ou d'environ 22 de nos pieds; grandeur énorme et fort supérieure à celle de tous nos quarts de cercle. On cite encore quelque chose de plus extraordinaire dans le même genre : le cercle d'*Osimandué,* qui avait 365 coudées de circonférence, ou environ 60 pieds de rayon. L'usage de ces énormes instrumens (si toutefois il en a existé) devait être fort incommode. L'embarras de les mouvoir et de les orienter; les changemens de forme auxquels ils étaient nécessairement sujets par leurs poids excessifs, et par la difficulté d'en assembler solidement les parties, ne pouvaient manquer de mettre obstacle à la justesse des observations. Un instrument de moyenne grandeur, d'une exécution solide, d'une manœuvre facile, est assurément très-préférable.

CHAPITRE IV.

Sciences chez les Persans.

I.

LES Persans qui, jusque vers le milieu du onzième siècle, n'avaient fait qu'un même peuple avec les Arabes, ayant alors secoué le joug des califes, n'abandonnèrent pas l'étude des sciences au milieu des troubles de la guerre. Ils ont eu des algébristes, des géomètres, et surtout des astronomes très-distingués. An de J. C. 1050.

Géométrie persanne.

Un géomètre, *Loggia-Nassir,* ou le docteur *Nassir,* avait composé plusieurs ouvrages très-estimés de son temps; il nous reste de lui un commentaire sur Euclide, imprimé en 1590, en sa langue naturelle, c'est-à-dire en arabe. *Nassir-Eddin,* autre géomètre plus connu, a donné plusieurs démonstrations très-ingénieuses de la quarante-septième proposition du premier livre d'Euclide, rapportées par Clavius. Elles procèdent par une simple transposition de parties avec lesquelles Nassir-Eddin compose, tantôt le carré de l'hypothénuse, tantôt les carrés des deux autres côtés du triangle rectangle. Il fit une version exacte des *Co-*

niques d'Apollonius, à quoi il ajouta un commentaire, dont Halley s'est servi utilement pour traduire le cinquième, le sixième et le septième livres de cet important ouvrage.

On trouve dans le même temps un autre géomètre persan, très-célèbre, appelé *Maimon-Reschild.* Il avait commenté Euclide : son enthousiasme pour la géométrie était tel, qu'il en portait toujours certaines figures favorites sur les manches de ses habits.

Tous ces anciens géomètres persans avaient recueilli soigneusement les écrits des Grecs, et s'étaient instruits à fond de leur doctrine. On prétend qu'encore aujourd'hui on conserve dans la Perse plusieurs ouvrages grecs que nous n'avons pas.

II.

Astronomie persanne.

Les anciens Perses, dès le temps de *Darius Occhus*, avaient fait un grand nombre d'observations. Ils s'étaient attachés particulièrement à déterminer la longueur de l'année solaire, à laquelle ils rapportaient toutes les mesures du temps. Ayant fixé sa durée à 365 jours 6 heures, ils faisaient disparaître les six heures, fraction du jour, par l'intercalation d'un mois de trente jours, tous les cent vingt ans ; ce qui revient à l'intercalation d'un jour tous les quatre ans dans l'année julienne. De plus ils plaçaient le treizième mois intercalaire successivement

le premier, puis le second de l'année, ainsi de suite, de sorte qu'il faisait une révolution entière, et donnait lieu à diverses cérémonies religieuses. Lorsque les Persans reçurent la loi des Arabes, l'usage où étaient les vainqueurs de compter par les révolutions lunaires, devint aussi celui des vaincus. Mais ces derniers devenus libres, reprirent leur ancienne méthode, vers l'année 1079. Alors l'astronome persan *Omar-Cheyam*, pour rectifier l'ancien calendrier de sa nation, fondé sur une hypothèse d'une année trop longue d'environ onze minutes, imagina une période composée de trente-trois années et de huit jours intercalaires; l'année était supposée de 365 jours; on partageait les trente-trois années en huit parties, dont les sept premières étaient de quatre ans, la huitième de cinq ans; et on intercalait un jour à la fin de chaque partie. Ce système, qui approche fort de la vérité, fut adopté, et a été conservé par les Persans.

III.

Plusieurs empereurs de cette nation protégèrent vivement l'astronomie. C'était une espèce de religion de l'état. Un auteur grec, nommé *Chioniades*, qui vivait au treizième siècle, rapporte que les Persans étaient tellement jaloux de leurs connaissances dans cette partie, qu'il était défendu par une loi de les communiquer à des étrangers, excepté

dans certains cas très-rares, soumis à la décision des empereurs. Cette défense était fondée sur une prophétie, qui portait que les chrétiens renverseraient un jour l'empire persan par des moyens puisés dans la science de l'astronomie. Chioniades eut lui-même bien de la peine à être admis aux leçons des astronomes persans, quoiqu'il eût été fort recommandé par l'empereur de Constantinople, lié alors d'amitié et d'intérêt avec celui de Perse. De ce commerce, il rapporta dans la Grèce des tables astronomiques très-exactes, suivant Bouillaud, eu égard au temps où elles avaient été calculées.

IV.

Holagu commence à régner en 1254, meurt en 1269.

Un descendant de Genghis-Kan, nommé par les uns *Holagu-Ilecou-Kan*, par les autres *Houlagou-Kan*, qui conquit la Perse, vers l'an 1264, honora les sciences qu'elle cultivait, et ne sembla plus occupé le reste de sa vie qu'à les faire fleurir dans les vastes pays de sa domination. Il fit construire dans la ville de Maragha, voisine de Tauris, capitale de la Médie, un observatoire où il rassembla un grand nombre d'astronomes, sous la présidence de Nassir-Eddin, dont nous avons déjà parlé. Cette société était une espèce d'académie d'autant plus florissante, qu'elle recevait toutes sortes d'encouragemens d'un prince magnifique, et lui-même très-savant. Nassir-Eddin composa plusieurs ouvrages

astronomiques, entr'autres une théorie des mouvemens célestes, un traité de l'astrolabe, et des tables astronomiques qu'il intitula *Tables ilecaliques*, pour laisser un monument de sa reconnaissance envers son bienfaiteur. On raconte qu'*Holagu* se sentant près de sa fin, se fit transporter au milieu des savans, et qu'il voulut rendre les derniers soupirs entre leurs bras, les regardant comme ses enfans et les véritables hérauts de sa gloire.

V.

Son exemple fut surpassé par un prince tartare, le fameux *Ulugh-Beigh*, petit-fils de Tamerlan. Non-seulement Ulugh-Beigh encouragea les sciences comme souverain, il est compté lui-même au nombre des plus savans hommes de son siècle. Il établit dans la ville de Samarcande, capitale de son empire, une nombreuse assemblée ou académie d'astronomes, et il fit construire pour leur usage les instrumens les plus grands et les plus parfaits qu'on eût encore vus. Il s'informait de tous leurs travaux; il observait lui-même le ciel avec assiduité. Quelques historiens rapportent que pour déterminer la latitude de Samarcande, il employa un quart de cercle dont le rayon égalait la hauteur du temple de Sainte-Sophie à Constantinople, laquelle est d'environ 180 pieds; mais la construction d'un si grand quart de cercle est physiquement im-

ULUGH BEIGH commence à régner en 1420, meurt en 1449.

possible : il y a toute apparence que les historiens dont il s'agit, peu au fait de l'astronomie, ont pris un simple gnomon pour un quart de cercle. La latitude de Samarcande fut trouvée de 29 degrés 37 minutes. Au moyen du même instrument, on fixa l'obliquité de l'écliptique à 23 degrés 30 minutes 20 secondes : résultat qui, surpassant d'environ deux minutes celui des observations modernes, a fait juger que l'obliquité de l'écliptique va en diminuant : nous reviendrons dans la suite sur ce point.

Ulugh-Beigh avait composé plusieurs ouvrages en partie imprimés, en partie manuscrits dans quelques bibliothèques. Les principaux sont un catalogue d'étoiles, et des *Tables astronomiques*, les plus parfaites que l'on connût alors dans l'orient. Ce prince méritait par ses vertus et par ses talens les hommages de toute la terre; il fut assassiné par son propre fils, à l'âge de cinquante-huit ans.

Les troubles qui suivirent cet affreux événement plongèrent la Perse dans la barbarie. Bientôt les savans disparurent. L'astronomie alla toujours en déclinant dans ces pays, au point qu'elle n'y est plus aujourd'hui qu'un amas de visions astrologiques, et qu'à peine les Persans savent calculer grossièrement une éclipse, d'après quelques pratiques routinières, fondées sur des théories qu'ils n'entendent pas.

CHAPITRE V.

Sciences chez les Turcs.

On sait que l'empire turc prit naissance vers l'an 1220 de l'ère chrétienne. La guerre était la principale occupation de ces peuples barbares. Cependant le goût et l'étude des sciences que les Arabes avaient répandus dans ces climats, pénétrèrent chez les Turcs, et même y firent d'abord des progrès marqués; mais ce temps de prospérité ne fut pas long. Les connaissances des disciples s'affaiblirent comme celles des maîtres, et tombèrent bientôt dans un état de médiocrité et de langueur où elles sont demeurées. Nous pouvons juger de ce qu'elles étaient alors, par ce qu'elles sont aujourd'hui. Ainsi je vais anticiper ici sur l'ordre chronologique, et me porter au temps présent, pour n'avoir plus à revenir sur une nation qui n'a fait aucune découverte dans les sciences, mais qui néanmoins est plus instruite qu'on ne le croit ordinairement.

En 1797, M. l'abbé *Toderini* publia un ouvrage très-curieux, intitulé : *Della Litteratura Turquesca*. Je ne le connais que par l'extrait assez dé-

Histoire des Math. tom 1, page 398.

taillé que Montucla en a donné dans sa dernière édition. J'ai puisé dans cet extrait ce que j'ai à dire, en me bornant aux choses principales, relatives aux mathématiques.

Suivant M. l'abbé Toderini, les Turcs sont très-versés dans la science des nombres, dont ils apprennent les principes dans plusieurs livres arabes et turcs. Ils mettent leur émulation à faire, à l'exemple des Indiens, les calculs numériques avec une extrême promptitude.

L'algèbre ne leur est pas inconnue. Le même auteur dit qu'aujourd'hui plusieurs jeunes Turcs étudient l'algèbre dans nos livres modernes, et qu'il en a connu un qui avait beaucoup de talent, parlait bien l'italien, et savait autant d'algèbre que les Européens peuvent en apprendre.

Les Turcs cultivent également la géométrie. Ils ont des *medresses*, espèces de colléges, où elle est enseignée. On trouve dans leurs bibliothéques la plupart des géomètres grecs, traduits en arabe ou en turc. Il paraît cependant qu'ils ne vont guère au-delà d'Euclide, pour l'étude duquel ils font principalement usage du commentaire de *Nassir-Eddin*, ou d'un ouvrage élémentaire particulier du *Cadi-Zade-Alrumi*, intitulé : *Commentaires sur les figures fondamentales de la géométrie*. Quelques-uns vont plus loin, et font usage des traductions des autres géomètres grecs,

comme Archimède, Apollonius, etc. On raconte que le fameux sultan Bajazet II cultiva la géométrie, qui lui avait été enseignée, ainsi que l'astronomie, par son précepteur *Sella-Uddin*.

Leur principale étude est celle de l'astronomie, par deux puissans motifs : l'un est le besoin de régler le temps ; l'autre est le goût qu'ils ont pour l'astrologie. Cette seconde considération prouve combien ils sont encore peu avancés dans la philosophie naturelle.

Quant à la mesure du temps, les Turcs la déterminent par des méthodes fondées sur la véritable astronomie, sauf néanmoins les corrections dont elle a besoin par intervalles. Ils emploient, comme les Arabes, les années lunaires dans les usages civils et religieux ; ils ont d'ailleurs des moyens pour concilier le mouvement du soleil avec celui de la lune : ils se servent pour cela d'un cycle de quatre-vingt-quinze ans, qui est la période métonienne répétée cinq fois. On croit qu'ils tiennent cette période des chrétiens d'Alexandrie ; car elle avait été imaginée par l'évêque Anatolius, dont nous avons parlé. Les Turcs ont leurs almanachs, dont la rédaction est confiée à un astronome impérial. On y trouve le cours de la lune et du soleil, les phases de la lune, et parmi les éclipses celles qui doivent êtres visibles à Constantinople seulement. Deux célèbres astronomes turcs ont donné les méthodes

et la forme de ces calculs. L'un s'appelait *Mustapha-Ben-Ali,* surnommé *Almouackat,* ou *Observateur des temps et des heures;* il était attaché à la mosquée de Selim I, et publia, en 1553, un livre intitulé : *Talassar,* en turc, où il explique aux musulmans les combinaisons de l'année arabe avec l'année solaire julienne, et les cycles par lesquels on les fait concorder; l'autre astronome turc est *Darandeli-Mehemet-Effendi,* qui vivait vers le milieu du dix-septième siècle; son ouvrage intitulé : *Rus-Nameh,* contient des *Tables* qui donnent avec assez de précision les jours, heures et minutes de chaque lune; il fut imprimé à Ausbourg en 1676, dans sa langue originale, mais accompagné d'une savante dissertation par M. *Velschius.*

En 1740, le célèbre *Mehemet-Effendi,* ambassadeur turc à la cour de France, s'instruisit beaucoup avec nos savans, vit en homme curieux et intelligent, nos ateliers, notre observatoire, et emporta avec lui plusieurs de nos ouvrages, principalement des livres d'astronomie, qu'il fit traduire en turc, à son retour à Constantinople. Il y a environ trente ans que le sultan Mustapha III fit demander plusieurs livres à notre académie des sciences, lesquels furent également traduits en turc.

Enfin les Turcs ont aussi de l'instruction dans la géographie et la marine. Ils en sont principalement redevables à un de leurs compatriotes, nommé *Hadgi-Kalfah*, qui vivait il y a environ cent cinquante ans. Cet homme, savant pour le temps, construisit à leur usage des cartes géographiques et hydrographiques d'après les auteurs chrétiens : il forma un petit atlas turc, intitulé *Gian Numah*, c'est-à-dire *le Miroir du monde*, qui représente avec assez d'exactitude, dit-on, les diverses parties de l'univers, alors connues.

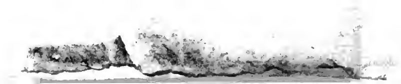
Du reste on ne doit pas espérer ou craindre que les Turcs aillent jamais fort loin dans les sciences; la forme de leur gouvernement s'y oppose : tant qu'elle subsistera, ils demeureront toujours inférieurs aux chrétiens occidentaux dans les arts de la paix et de la guerre.

CHAPITRE VI.

Sciences chez les Chinois et chez les Indiens.

Sciences chez les Chinois.

S'IL fallait discuter la haute opinion qu'on a eue jusqu'à nos jours du savoir des Chinois dans tous les genres, elle ne trouverait pas un appui bien solide dans la période qui nous occupe. L'arithmétique et la géométrie de cette nation demeurent toujours très-imparfaites : nulle théorie nouvelle, nulle application intéressante des principes de la mécanique. A la vérité, les Chinois ont beaucoup observé les astres ; mais toutes leurs observations ne roulent que sur les objets les plus communs de l'astronomie, tels que les éclipses, les positions des planètes, les hauteurs solsticiales du soleil, les occultations des étoiles par la lune : on n'en voit sortir aucun résultat important pour le progrès de cette science. Je remarquerai seulement que l'empereur Kobilai, le cinquième successeur de Gengis-Kan à la Chine, et celui qui y fonda la dynastie des *Iven*, en 1271, fut un grand protecteur de l'astronomie. Il était frère de *Holagu*, dont nous avons parlé, et il avait à peu près les mêmes inclinations. Il établit pour chef du tribunal des mathé-



matiques, *Co-Cheon-King*, observateur laborieux, qui porta dans l'astronomie chinoise une précision à laquelle on n'était pas encore arrivé. Mais cet éclat ne fut que passager : l'astronomie chinoise retomba dans sa première langueur, et ne s'en releva un peu qu'environ un siècle après, sous les empereurs d'une nouvelle dynastie, qui donnèrent la direction du tribunal des mathématiques à des astronomes mahométans.

Nous serons encore plus courts sur l'histoire des sciences chez les Indiens au même temps. Leurs connaissances n'avaient jamais passé le cercle des mathématiques élémentaires; leur astronomie eut à peu près le même sort que celle des Persans après la mort d'Ulugh-Beigh. **Sciences des Indiens.**

CHAPITRE VII.

Sciences chez les Grecs modernes.

I.

Les savans qui, à la destruction de l'école d'Alexandrie, s'étaient dispersés dans toutes les parties de la Grèce, contribuèrent d'abord à y entretenir le goût des mathématiques; mais dans l'état d'abandon où elles y étaient réduites, elles ne pouvaient manquer de décliner sans cesse. Il se passa en effet plusieurs siècles avant qu'aucun Grec moderne montrât la moindre étincelle du génie qui avait animé Euclide, Archimède, Apollonius, etc. Zonaras et Tzetzès, que nous avons cités à l'occasion des miroirs ardeus d'Archimède, ne sont que des compilateurs, souvent même assez peu instruits dans les matières dont ils traitent. Enfin, au commencement du quinzième siècle, *Emmanuel*
An de J. C. 1420. *Moscopule,* moine grec, fit la très-ingénieuse découverte des *carrés magiques*. Il est vrai qu'elle n'est d'aucune utilité pratique; mais elle est du genre de ces spéculations théoriques et subtiles, qui exercent l'esprit en l'amusant; et je ne puis me dispenser d'en parler ici; je donnerai même tout

de suite une idée générale des travaux des géomètres modernes sur cette matière, afin de ne pas revenir plusieurs fois à un objet de pure curiosité.

II.

Qu'on trace dans un plan vertical un carré géométrique, dont chaque côté soit représenté par un nombre proposé, tel, par exemple, que le nombre 5; qu'on divise chaque côté, horizontal ou vertical, en cinq parties égales, et qu'on joigne les points de division par des lignes verticales et horizontales : le carré vertical sera partagé en 25 cellules égales; et si, à compter d'une cellule angulaire, on y écrit, en parcourant successivement toutes les bandes horizontales, ou toutes les bandes verticales, la suite des nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.; la dernière cellule contiendra le nombre 25, qui est le carré de 5. Cette disposition des chiffres, suivant l'ordre naturel, forme en conséquence un carré *naturel;* les nombres de chaque bande composent une progression arithmétique, et les sommes de toutes ces progressions sont différentes. Mais si on intervertit l'ordre des nombres, et qu'on les arrange de telle manière que toutes les bandes, et même les deux bandes diagonales, donnent une même somme, cette disposition fait prendre au carré le nom de carré *magique*. Cette dénomination a pu venir de la propriété singulière de ces

carrés, dans un temps où les mathématiques étaient regardées comme une espèce de *magie;* mais elle vient peut-être aussi de ces applications superstitieuses qu'on faisait de ces carrés à la construction des talismans, dans les temps d'ignorance. Par exemple, Corneille Agrippa, qui vivait au quinzième siècle, a donné, dans son livre de *la Philosophie occulte,* les carrés magiques des nombres depuis 3 jusqu'à 9 : or, ces carrés sont planétaires, selon Agrippa et les sectateurs de la même doctrine; le carré de 3 appartient à Saturne; celui de 4 à Jupiter; celui de 5 à Mars; celui de 6 au Soleil; celui de 7 à Vénus; celui de 8 à Mercure; et enfin celui de 9 à la Lune. J'omets d'autres rêveries, encore plus ridicules.

Hist. de l'ac. 1705, pag. 71.

III.

Les méthodes de Moscopule pour la formation des carrés magiques, ne s'étendent qu'à certains cas particuliers : elles avaient besoin d'être généralisées. Bachet de Méziriac, très-savant analyste du commencement du dix-septième siècle, trouva une méthode pour tous les carrés dont la racine est impaire, tels que sont les carrés 25, 49, 81, etc., qui ont pour racines les nombres 5, 7, 9, etc. Dans ces sortes de cas, il y a une cellule centrale qui facilite la solution du problème. Bachet ne put

Méziriac, né en 1577, mort en 1638.

le résoudre complètement pour les nombres dont la racine est paire.

IV.

Frenicle de Bessi, l'un des plus anciens membres de l'académie des sciences, profond arithméticien, augmenta considérablement les nombres de cas et de combinaisons qui donnent des carrés magiques, tant pour les nombres impairs que pour les nombres pairs. Par exemple, un habile algébriste avait cru que les seize nombres qui remplissent les cellules du carré naturel de 4, ne pouvaient donner que 16 carrés magiques : Frenicle fit voir qu'ils en pouvaient donner 880. A cette recherche, il ajouta une nouvelle difficulté : ayant formé, par exemple, l'un des carrés magiques du nombre 7, si des 49 cellules qui le composent on retranche les deux bandes horizontales extrêmes et les deux bandes verticales extrêmes, c'est-à-dire, l'enceinte extérieure du carré proposé, il restera un carré qui ne sera pas magique en général, mais qui pourra l'être en choisissant convenablement le carré magique primitif. Frenicle enseigne à faire ce choix. Par sa méthode, en ôtant une enceinte d'un carré magique, et même telle enceinte qu'on voudrait, lorsqu'il y en a assez pour cela, ou enfin plusieurs enceintes à la fois, le carré restant est encore magique. Il renverse aussi cette condition :

Anc. mém. de l'ac. tom. v.

il fait ensorte qu'une certaine enceinte, prise à volonté, ou plusieurs, soient inséparables du carré, c'est-à-dire qu'il cesse d'être magique si on les ôte, et non si on en ôte d'autres.

V.

Poignard, chanoine de Bruxelles, publia, en 1703, un livre sur les carrés magiques, dans lequel il fait deux innovations qui embellissent et étendent ce problème. 1.° Au lieu de prendre tous les nombres qui remplissent un carré, par exemple, les 36 nombres conséćutifs qui rempliraient toutes les cellules du carré naturel dont le côté serait 6, il ne prend qu'autant de nombres consécutifs qu'il y a d'unités dans le côté du carré, c'est-à-dire, ici 6 nombres; et ces 6 nombres seuls, il les dispose de manière, dans les 36 cellules, qu'aucun ne soit répété deux fois dans une même bande, soit horizontale, soit verticale, soit diagonale; d'où il suit nécessairement que toutes les bandes prises, en quelque sens que ce soit, font toujours la même somme. 2.° Au lieu de ne prendre ces nombres que selon la suite des nombres naturels, c'est-à-dire, en progression arithmétique, il les prend aussi, et en progression géométrique et en progression harmonique; mais avec ces deux dernières progressions, l'artifice magique change nécessairement : dans les carrés remplis par

des nombres en progression géométrique, il faut que les produits de toutes les bandes soient égaux; dans la progression harmonique, les nombres de toutes les bandes suivent toujours cette progression. Poignard fait également des carrés de ces trois progressions répétées.

VI.

La Hire, géomètre de l'académie des sciences, rempli de toutes ces recherches, où l'on n'avait employé souvent que de simples tâtonnemens, en développe et démontre les principes dans deux mémoires très-curieux. Il y ajoute plusieurs nouveaux problèmes qui élèvent toujours de plus en plus la question à une généralité intéressante pour ceux qui aiment les combinaisons des nombres. Mém. de l'ac. 1705.

Les démonstrations de tous ces savans hommes ayant paru trop compliquées, trop peu liées entr'elles à Sauveur, autre géomètre de l'académie des sciences, il entreprit de soumettre cette théorie au calcul analytique et à des méthodes uniformes, d'où il pût tirer ensuite, comme corollaires, des moyens simples et faciles pour construire des carrés magiques dans tous les cas. Mém. de l'ac. 1710.

Pajot Osembrai envisagea la question sous le même point de vue : on lui doit une nouvelle méthode analytique pour les carrés magiques purement pairs; car les autres avaient été suffisamment examinés. Mém. de l'ac. 1750.

Sav. étr. tom. IV.

Enfin, Rallier des Ourmes a perfectionné encore et étendu toutes ces méthodes dans un excellent mémoire présenté à l'académie des sciences. On a tout lieu de penser que la matière est épuisée.

Cette découverte des carrés magiques par Moscopule fut, pour ainsi dire, le dernier soupir des mathématiciens grecs. La prise de Constantinople, par Mahomet II, les fit disparaître de ces climats.

CHAPITRE VIII.

Sciences chez les chrétiens occidentaux, jusque vers la fin du treizième siècle.

I.

Les chrétiens en général ont montré, pendant très-long-temps, un grand éloignement pour les sciences. Asservis, dès l'origine du christianisme, à une multitude d'opinions superstitieuses, qui faisaient de l'homme une espèce d'automate contemplatif, ils regardaient avec mépris ou indifférence toutes les occupations étrangères aux objets du culte religieux, ou aux travaux absolument nécessaires pour leur subsistance. Cependant, ayant commencé à chasser les Arabes de quelques parties de l'Espagne, au commencement du dixième siècle, les communications volontaires ou forcées qu'ils eurent avec ces peuples, excitèrent le feu électrique du génie parmi les chrétiens; et plusieurs d'entr'eux s'empressèrent de s'instruire auprès de ces mêmes Maures dont ils abhorraient la religion. Nous avons déjà dit que le pape Silvestre II avait puisé la connaissance de l'arithmétique dans le commerce avec les Arabes d'Espagne. Savans en Espagne.

II.

ALPHONSE commence à régn. en 1252, m. en 1284.

Alphonse x, roi de Castille, fonda dans sa capitale une espèce de collége ou de lycée pour l'avancement de l'astronomie ; et il en confia la principale direction à des Arabes. Il observait et calculait lui-même avec eux. Ce travail commun produisit les fameuses *tables alphonsines,* plus exactes et plus complètes que toutes les précédentes. L'étude de l'astronomie se maintint pendant long-temps dans la Castille après la mort d'Alphonse ; mais les intérêts de l'ambition, à qui rien ne résiste, entretenaient toujours des semences de haine et de division entre les chrétiens et les Arabes. Les premiers, ne perdant jamais de vue le projet de reprendre toute l'Espagne, gagnaient du terrain de jour en jour : à mesure que leurs victoires se multipliaient, les sciences allaient en déclinant ; enfin elles reçurent, pour ainsi dire, le coup mortel, lorsque les Maures furent entièrement chassés de l'Espagne par la perte de Grenade : événement déplorable dans les annales de l'esprit humain, avantageux à la seule religion chrétienne dont il étendit l'empire sur les ruines du mahométisme.

An de J. C. 1492.

III.

Nous trouvons, dans les autres pays chrétiens

de l'Europe, plusieurs hommes remarquables, ou par l'étendue de leurs connaissances, eu égard au temps où ils ont vécu, ou par les preuves de génie qu'ils ont données, et dont la société aurait pu retirer les plus grands avantages, si la puissance ecclésiastique, toujours intolérante, toujours armée de la foudre, n'eût trop souvent arrêté ou comprimé leur essor.

Savans dans les autres parties de l'Europe.

Les Italiens se présentent ici les premiers; et l'algèbre attira d'abord leur attention par une circonstance particulière. Un riche négociant de Pise, appelé *Léonard,* faisait de fréquens voyages dans l'orient pour les affaires de son commerce: les relations qu'il eut avec les Arabes lui donnèrent occasion de pénétrer jusqu'à l'algèbre, qu'on regardait alors comme la partie sublime de l'arithmétique; il répandit ses connaissances parmi ses compatriotes vers le commencement du treizième siècle. On avait cru jusqu'à ces derniers temps, d'après Vossius et quelques auteurs italiens modernes, que Léonard de Pise florissait seulement vers la fin du quatorzième siècle; mais M. Cossali, chanoine de Parme, a découvert et cite, de cet algébriste, un manuscrit de l'année 1202, augmenté et reproduit en l'année 1228. Léonard de Pise était très-savant dans l'algèbre, surtout dans l'analyse du genre des problèmes de Diophante. L'extrait que M. Cossali donne de son manuscrit, fait voir que

Origine, trasporto in Italia e primi progressi in essa del algebra, etc. 1797.

l'auteur avait poussé l'algèbre jusqu'à la résolution des équations cubiques et des équations supérieures qui peuvent s'abaisser au second ou au troisième degré.

IV.

Cette impulsion, donnée à l'algèbre, se propagea en Europe et s'étendit à toutes les parties des mathématiques. Le treizième siècle produisit un grand nombre de savans dans tous les genres, en Italie, en France, en Allemagne, en Angleterre. Je citerai les principaux de ceux qui ont rendu des services aux mathématiques.

An de J. C. 1230. *Jordanus Nemorarius* se distingua, pour son temps, dans l'arithmétique et la géométrie, comme on en peut juger par son traité du *Planisphère,* et ses dix livres d'*Arithmétique.*

Il eut un contemporain plus connu, Jean de Halifax, appelé vulgairement *Sacrobosco,* ce qui signifie la même chose, suivant le latin barbare de ce temps-là. Sacrobosco, né en Angleterre, vint professer les mathématiques à Paris. Nous avons de lui un traité sur la sphère, qui a été commenté par Clavius, jésuite, et imprimé un grand nombre de fois; il a laissé encore des traités sur l'astrolabe, sur le calendrier et sur l'arithmétique arabe. Il mourut à Paris en 1256; on y voyait encore son tombeau dans le cloître des Mathurins, avant la révolution française.

Campanus de Novare traduisit et commenta les élémens d'Euclide, écrivit un traité de la *Sphère*, un autre sur les *Théoriques des planètes*, dont l'objet était de faire connaître l'astronomie ancienne, et les corrections que les Arabes y avaient faites, etc. An de J. C. 1250.

Vitellion, né en Pologne, établi en Italie, a laissé un traité d'Optique en dix livres : cet ouvrage n'est dans le fond que celui d'Alhazen, mais plus développé, plus clair et plus méthodique. An de J. C. 1260.

Nous avons encore du même temps, sur l'*Optique*, un ouvrage de Thomas *Pecham*, qui de simple moine observantin, devint archevêque de Cantorbéry. Cet ouvrage a été imprimé plusieurs fois, et a été pendant long-temps un livre classique.

V.

Les sciences trouvèrent un protecteur zélé dans le grand empereur Frédéric II. Au milieu des guerres continuelles qu'il eut à soutenir contre les papes, il fonda l'université de Naples, composa quelques ouvrages, fit traduire en latin ceux d'Aristote, et l'Almageste de Ptolemée : il employa à ces traductions *Gérard de Sabionetta*, vulgairement appelé *Gérard de Crémone*, de qui nous avons encore la traduction du commentaire de Géber sur l'Almageste, et du traité des crépuscules d'Alhazen ; Frédéric commence à régn en 1219. m. en 1250.

on lui attribue aussi un traité des *Théoriques des planètes*.

An de J. C. 1260. Je ne dirais rien d'*Albert*, surnommé le *Grand* par des contemporains qui ne l'étaient pas, s'il n'avait pas écrit des livres utiles en son temps, aujourd'hui perdus, sur l'arithmétique, la géométrie, l'astronomie et la mécanique : il se distingua principalement dans la partie organique des machines. On rapporte qu'il avait fabriqué un automate de figure humaine, qui allait ouvrir sa porte quand on y frappait, et qui poussait quelques sons, comme pour parler à celui qui entrait.

VI.

R. Bacon, né en 1214, mort en 1294. Le cordelier anglais *Roger Bacon* mérite plus de fixer les regards de la postérité. Il eut de son vivant une très-grande réputation qu'il conserve encore en partie auprès des savans. On a imprimé successivement ses nombreux ouvrages, dans lesquels on trouve beaucoup de génie et d'invention. Son traité d'Optique est surtout remarquable par des vues ingénieuses et vraies, alors nouvelles, sur la réfraction astronomique, sur les grandeurs apparentes des objets, sur la grosseur extraordinaire du soleil et de la lune à l'horizon, sur le lieu des foyers sphériques, etc. Quelques Anglais, un peu trop prévenus en faveur de leur compatriote, ont cru voir dans ce traité, que l'auteur avait eu connais-

sance des *besicles* ou lunettes à mettre sur le nez, et même du télescope; mais M. Smith, anglais plus impartial et juge irréfragable, détruit cette opinion par la discussion exacte et approfondie des passages qui y ont donné lieu. On a voulu aussi attribuer à Bacon la découverte de la poudre à canon : en effet il y touchait, car il était grand chimiste pour son temps, et il connaissait les effets du salpêtre; mais elle n'a été développée et réellement bien connue que quelques années après lui. Il fut persécuté par ses confrères, accusé de magie, enfermé dans un cachot, dont il ne put sortir qu'après avoir bien prouvé à ses supérieurs et au pape Nicolas IV, qu'il n'avait jamais eu de commerce avec le diable.

Invention des besicles.

L'invention des besicles est des dernières années du treizième siècle, et on la doit aux Italiens. Il existe des preuves certaines que les premières lunettes de ce genre ont été construites par un frère jacobin, nommé *Alexandre de Spina*, mort à Pise, en 1313.

CHAPITRE IX.

Suite. Sciences chez les chrétiens occidentaux, dans le quatorzième et le quinzième siècles.

I.

Idée générale des sciences dans le quatorzième siècle.

LE quatorzième siècle, fécond en théologiens, en alchimistes, et même en littérateurs estimables, chez les nations occidentales de l'Europe, fut un temps ingrat pour les mathématiques spéculatives. On y rencontre cependant des géomètres, des astronomes, etc., qui, à la vérité, n'ajoutèrent rien aux anciennes théories; mais qui du moins les maintinrent en honneur, en attendant des jours plus heureux ou des circonstances plus favorables. Il suffira de citer ici quelques-uns de ces savans conservateurs.

En Italie, Pierre *Abano,* médecin célèbre, écrivit un traité sur l'astrolabe : *Cecchi Ascoli,* professeur de mathématiques à Bologne, composa un commentaire sur la sphère de Sacrobosco, imprimé plusieurs fois. On les fit passer l'un et l'autre pour sorciers et hérétiques. Abano fut brûlé en effigie, après sa mort, en 1316; Ascoli le fut réellement, à Bologne, en 1328, à l'âge de soixante-dix ans.

L'Angleterre produisit beaucoup de géomètres et d'astronomes; mais il ne reste de leurs ouvrages ou de leurs observations, que des fragmens, la plupart en manuscrits épars dans diverses bibliothéques.

En Allemagne, *Jean de Saxe*, religieux augustin, fit un petit ouvrage sur les éclipses, et quelques remarques sur les *tables* du roi Alphonse; *Henri de Hesse*, professeur de la nouvelle université de Vienne, traita de la théorie des planètes: mais ces ouvrages n'ont pas été imprimés.

La France compte aussi quelques mathématiciens: tels furent *Jean de Muris*, auteur du système de notre musique moderne, et qui, de plus, était versé dans l'astronomie, puisqu'il reste de lui un traité manuscrit sur cette scieuce : *Jean de Lignières*, astronome, natif d'Amiens, professeur de mathématiques à Paris, dont il existe quelques observations recueillies par Gassendi; Nicolas *Oresme*, qui traduisit le livre d'Aristote *De Mundo*, et composa un traité des *proportions*, resté en manuscrit. On a une autre obligation au dernier de ces mathématiciens : il avait été précepteur du roi de France, Charles v, surnommé *le Sage;* et il eut la principale part à la fondation, qui se fit sous ce prince, de la bibliothéque des rois de France.

II.

Diverses machines.

Malgré l'état de stagnation où se trouvait alors la théorie des mathématiques, quelques arts qui en dépendent s'enrichirent de plusieurs machines où le génie de l'invention se fait admirer, et qui, perfectionnées par le temps, rendront à jamais les plus importans services à la société et aux sciences pratiques.

Moulin à papeterie.

Les Allemands placent parmi ces machines le moulin à papeterie, dont ils attribuent la déconverte à un sénateur de Nuremberg, appelé *Ulman Strœmer*, qui vivait vers le milieu du quatorzième siècle; mais il existe des preuves certaines qu'avant cette époque on savait fabriquer le papier; on ne peut accorder à Strœmer que d'en avoir perfectionné la méthode, et d'y avoir appliqué une mécanique particulière pour broyer les chiffons. Il faisait un grand mystère de sa nouvelle construction; et avant d'employer des ouvriers dans sa manufacture, il leur faisait jurer de n'en pas révéler le secret.

Horloges à poids, ou à ressorts.

Les horloges mues par des poids ou par des ressorts, sont du même siècle. Nous avons vu que les horloges mécaniques des anciens étaient mues par l'action de l'eau, et nous en avons remarqué les imperfections. On avait construit dans l'intervalle du huitième siècle au onzième, plusieurs horloges

très-ingénieuses et très-diversifiées dans leurs effets; mais il paraît certain que toutes étaient des clepsydres mécaniques. On ne commence à rencontrer, d'une manière bien évidente, des horloges mues par des poids solides, que dans le quatorzième siècle. Les horloges à ressorts sont venues quelques années plus tard.

Comme le poids moteur, en descendant, aurait continuellement accéléré sa vitesse et celle qu'il communique à tout le rouage, on chercha d'abord à empêcher cette accélération, et à rendre le mouvement uniforme, par un volant modérateur, à peu près semblable à celui qu'on emploie dans les *tournebroches;* mais ce moyen était grossier et très-insuffisant pour les horloges. Bientôt on parvint à trouver un régulateur beaucoup plus exact, par l'ingénieuse mécanique de l'*échappement,* au moyen duquel les palettes d'une roue, appelée *roue de rencontre*, sont frappées alternativement en sens contraires : ce qui rappelle les vibrations du balancier à des durées égales, par des intervalles successifs. On ne sait pas le nom du premier inventeur de l'échappement, ni la date précise de l'invention.

III.

Diverses horloges.

Aussitôt que l'on connut cette heureuse manière de modérer la vitesse du poids moteur, on

travailla de tous côtés à construire de grandes horloges, suivant ce principe. En Angleterre, Richard *Wallinfort,* bénédictin, en exécuta une, vers l'année 1326, pour le couvent de Saint-Albans, dont il était abbé, laquelle marquait les heures, le cours du soleil et de la lune, les heures des marées, etc.; il écrivit de plus à ce sujet un ouvrage qui existe encore, dit-on, en manuscrit dans la bibliothéque de Bodley, à Oxford. Le roi de France, Charles v, fit construire, en 1370, par un ouvrier allemand, appelé *Henri de Vic*, la fameuse horloge de la tour du Palais à Paris; elle a subsisté pendant plus de quatre cents ans, et nous l'avons vue périr de vétusté vers l'an 1770 environ. En 1382, Philippe-le-*Hardi*, duc de Bourgogne, fit transporter de Courtrai à Dijon une très-grande et très-belle horloge, déjà un peu ancienne. Vers la fin de ce même siècle, Jacques de *Dondis,* citoyen de Padoue, très-savant, pour son temps, dans la médecine, l'astronomie et la mécanique, construisit pour sa patrie une horloge qui fut alors regardée comme une merveille: outre les heures, elle marquait le cours du soleil, de la lune et des autres planètes, les jours, les mois et les fêtes de l'année; elle fit donner à l'auteur le surnom honorable de *Horologio,* qui s'est conservé dans sa famille.

L'horlogerie n'a cessé, depuis ces grandes dé-

couvertes, d'acquérir de nouveaux degrés de perfection; son utilité ne s'est pas bornée aux usages de la vie civile; l'astronomie lui doit la mesure exacte du temps, base fondamentale de ses calculs. Voyez l'excellente *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par M. Ferdinand Berthoud, membre de l'institut national.

IV.

Au quinzième siècle, les mathématiques proprement dites, prennent un certain mouvement. On y voit paraître des savans dans toutes les parties, et surtout dans l'astronomie. Je me borne toujours aux principaux traits, et j'écarte ceux qui, à mon sens, produiraient infailliblement de l'ennui, sans aucune instruction. Mathématiques dans le quinzième siècle.

L'algèbre et la géométrie furent cultivées avec succès. Parmi ceux qui s'y distinguèrent, il faut citer principalement *Lucas Paccioli,* appelé ordinairement *Lucas de Borgo,* parce qu'il était né à *Borgo Sansapocha,* en Toscane. C'était un moine franciscain; il florissait vers la fin du quinzième siècle. Après avoir long-temps voyagé dans l'orient, soit pour s'y instruire, soit pour y remplir des commissions particulières de ses supérieurs, il revint se fixer en Italie; il enseigna les mathématiques à Naples et à Venise, ensuite à Milan, où il occupa le premier une chaire de ma- Algèbre et géométrie.

thématiques, fondée par *Louis Sforce*, dit *le More*. Il composa plusieurs ouvrages pour ses élèves; il traduisit Euclide en latin, ou plutôt il revit la traduction de *Campanus*, qu'il accompagna de savantes notes. En 1494, il publia, en italien, un traité d'algèbre intitulé : *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita*, etc., dans lequel on trouve les règles ordinaires de l'algèbre, quelques inventions dues aux Arabes, telles que les règles de fausses positions, la résolution des équations des deux premiers degrés, et enfin des élémens de géométrie. On doit encore à Lucas de Borgo deux autres ouvrages, l'un *De Divina proportione*, qui embrasse une foule d'objets, perspective, musique, architecture, etc.; l'autre un traité des corps réguliers, sous un long titre latin qu'il est inutile de copier ici.

V.

Astronomie. Nous nous arrêterons un peu plus sur l'astronomie du quinzième siècle, parce qu'elle a préparé les grandes découvertes que les siècles suivans ont faites dans le même genre.

Ses premiers bienfaiteurs furent *Jean Gmunden*, qui la professait en l'université de Vienne, vers l'an 1416, et le fameux *Pierre Dailli*, qui proposa au concile de Constance, en 1414, quel-

ques moyens de réformer le calendrier devenu très-fautif, et de concilier les mouvemens du soleil et de la lune.

Le cardinal de *Cusa* est célèbre parmi les savans, pour avoir entrepris de faire revivre le système des pythagoriciens sur le mouvement de la terre. Cette idée vraie n'avait pas encore la maturité que les observations devaient lui donner; et on doit trouver un peu extraordinaire qu'un cardinal soutienne dans ce temps-là, sans que personne en soit scandalisé, une opinion pour laquelle, deux cents ans plus tard, Galilée, appuyé de preuves solides, fut enfermé dans les cachots de l'inquisition.

Nic. de Cusa, né en 1391, m. en 1452.

VI.

Purbach et son disciple *Régiomontanus* sont regardés comme les restaurateurs ou les deux plus grands promoteurs de l'astronomie, au temps dont il s'agit. Le premier, après avoir long-temps voyagé pour puiser dans le commerce des savans, une ample connaissance de l'astronomie, dont il avait appris les principes sous Jean Gmunden, vint se fixer à Vienne, où les bienfaits de l'empereur Frédéric III l'attirèrent, et où il succéda à la place que Jean Gmunden avait occupée dans l'université. Dès-lors il entreprit un ouvrage utile et nécessaire : c'était une bonne traduction de l'Almageste de

PURBACH, né en 1421, m. en 1461.

Ptolemée; car toutes celles qu'on en avait données en latin, fourmillaient de fautes, par l'ignorance des traducteurs dans l'astronomie. Il ne savait ni le grec, ni l'arabe; mais la parfaite intelligence du sujet lui servit à rectifier ces mauvaises traductions, et à se procurer, du moins quant au sens, le véritable ouvrage de Ptolemée. Bientôt après il écrivit en faveur de ses élèves différens traités concernant l'arithmétique, la géométrie, les hauteurs solstitiales du soleil, la description et l'usage des horloges portatives, le calcul du degré de chaque parallèle relativement au degré de l'équateur, etc. Comme il joignait aux connaissances théoriques l'adresse de la main, il construisit lui-même des instrumens utiles à la gnomonique, et des globes célestes sur lesquels était marqué le mouvement des étoiles en longitude, depuis Ptolemée jusqu'à l'année 1450. Il détermina, par ses propres observations, l'obliquité de l'écliptique; il fit diverses corrections à la théorie du mouvement des planètes, que les anciennes tables représentaient d'une manière défectueuse; enfin, il introduisit quelques abréviations dans le calcul trigonométrique.

VII.

RÉGIOMONTANUS, né en 1436, m. en 1476.

Sa plus grande gloire est d'avoir formé *Régiomontanus*. Ils observèrent ensemble à Vienne pendant dix ans. Après la mort de Purbach, le gé-

nie et le goût avide que Régiomontanus avait pour toutes les sciences, lui firent entreprendre le voyage de Rome, pour y apprendre facilement le grec, et se mettre en état de lire non-seulement Ptolemée dans sa langue, mais encore les autres mathématiciens grecs. Ses progrès furent si rapides, qu'en très-peu de temps il traduisit du grec en latin les *Coniques* d'Apollonius, les *Cylindriques* de Sérénus, les *Questions mécaniques* d'Aristote, les *Pneumatiques* de Héron, tous les ouvrages de Ptolemée, etc. Il corrigea sur le texte grec l'ancienne version d'Archimède, faite par Jacques de Crémone. Il ne se borna pas à traduire: il fut lui-même auteur original de plusieurs excellens ouvrages. Son traité de *Trigonométrie* est remarquable par plusieurs nouveautés, et en particulier par une belle méthode, d'ailleurs la première qu'on ait donnée, pour résoudre en général un triangle sphérique quelconque, lorsque l'on connaît les trois angles ou les trois côtés. La réputation de Régiomontanus détermina le sénat de Nuremberg à l'appeler dans cette ville. Il y forma un observatoire; il le garnit d'excellens instrumens perfectionnés ou inventés par lui-même, et avec lesquels il fit des observations qui le mirent en état de rectifier et d'étendre les anciennes théories. Plusieurs astronomes avaient attribué, d'après quelques observations mal interprétées dont il donne

le détail, un mouvement irrégulier aux étoiles, tantôt dirigé vers l'orient, tantôt dans le sens contraire : Régiomontanus réfute victorieusement cette opinion. En 1472, il eut occasion d'observer une comète dont le mouvement, d'abord très-lent, s'accéléra bientôt avec une telle vitesse, qu'elle parcourait vers son périgée plus de trente degrés en vingt-quatre heures; elle traînait à sa suite une queue de plus de trente degrés de longueur.

Le pape Sixte IV, voulant faire travailler à la réforme du calendrier, invita Régiomontanus à se rendre à Rome pour diriger et exécuter cette importante opération ; il lui fit des promesses magnifiques ; il le nomma même à l'évêché de Ratisbonne. Régiomontanus partit; mais après quelques mois de séjour à Rome, il y mourut à l'âge de quarante ans. On répandit le bruit que les enfans de *Georges de Trebisonde*, l'un des traducteurs de Ptolemée, l'avaient fait empoisonner, parce qu'il avait relevé publiquement plusieurs fautes de leur père.

VIII.

WALTHERUS, né en 1430, m. en 1504.

En quittant Nuremberg, Régiomontanus y laissa un élève bien capable de suivre ses vues, et d'y en ajouter de nouvelles : c'était Waltherus, riche citoyen, qui fit construire tous les instrumens que Régiomontanus avait imaginés, et qui, depuis la

mort de son maître, continua d'observer le ciel pendant trente ans. Il recueillit une foule de phénomènes variés, et précieux encore aujourd'hui pour les astronomes. Il est le premier qui, dès l'année 1484, ait employé les nouvelles horloges pour mesurer le temps dans les observations célestes. Malheureusement ces horloges et les autres instrumens astronomiques n'avaient pas la perfection qu'on leur a donnée dans la suite; de plus, les lunettes n'étaient pas inventées. On raconte que Waltherus était jaloux de son savoir, comme un amant de sa maîtresse : il ne le communiquait point; on l'a même accusé de s'être réservé exclusivement l'usage des manuscrits de Régiomontanus, dont il était dépositaire.

IX.

Je place ici quelques autres mathématiciens du même temps, parce que leurs travaux se rapportent principalement à l'astronomie.

En France, Jacques *Lefevre* cultiva les mathématiques avec succès, et leur fut utile par des traductions et autres ouvrages; en Italie, Jean *Bianchini,* bolonais, construisit des tables astronomiques estimées dans leur temps; Jacob *Angelo,* florentin, traduisit la Géographie de Ptolemée; Dominique-Maria *Novera,* bolonais, initia Copernic à l'astronomie; en Allemagne, Jean *Engel,* bava-

rois, mit au jour des éphémérides des mouvemens célestes, et proposa un projet de réforme pour le calendrier; en Espagne, *Ferdinand de Cordoue* commenta l'Almageste de Ptolemée; Bernard de *Granolachi* publia en espagnol des éphémérides commençant à l'année 1488 et calculées jusqu'à l'année 1550. Tous ces travaux contribuèrent à entretenir le feu sacré des sciences.

X.

Navigation dans le quinzième siècle.

La navigation est trop essentiellement liée à l'astronomie pour qu'indépendamment de son utilité particulière, nous puissions passer sous silence les progrès étonnans qu'elle fit dans le quinzième siècle, surtout vers la fin. Elle les dut principalement à l'usage de la boussole, dont il faut par conséquent faire connaître l'origine et les moyens qu'elle fournit de diriger un vaisseau à la mer.

Invention de la boussole.

On connaissait chez les Grecs, dès le temps de Thalès, la propriété qu'a l'aimant d'attirer le fer; les Chinois la connaissaient aussi plus de cinq cents ans avant l'ère chrétienne. Mais on ne savait pas, du moins en Europe, avant le commencement du douzième siècle, qu'une pierre d'aimant, suspendue librement, ou flottant sur l'eau à l'aide d'un liége, se dirige toujours dans un même sens vers les deux pôles du monde. On savait encore moins que l'aimant communique la même propriété à une

verge ou aiguille d'acier. Il paraît, par les ouvrages de *Guyot de Provins*, l'un de nos poëtes du douzième siècle, que les navigateurs français sont les premiers qui aient employé la boussole pour diriger la route des vaisseaux. On avait d'abord donné le nom de *marinette* à la pierre d'aimant, d'où il passa à la boussole même. La méthode de suspendre l'aiguille sur un pivot était connue en France, au temps de ce même Guyot de Provins, comme on le voit par les vers suivans, dont il est l'auteur :

Par vertu de la *marinette*,
Une pierre laide et noirette,
Où le fer volontiers se jointe
Puez l'une aiguille l'on touchie,
Et en un festue l'on fichie,
En langue la mette sans plus
Et ci festue la tient dessus.
Etc., etc.

Cependant les Italiens, les Allemands et les Anglais nous disputent l'invention de la boussole. Il peut se faire que toutes ces prétentions réciproques aient des fondemens légitimes, soit parce qu'il est possible qu'on trouve en même temps la même chose en différens endroits, soit parce que la boussole ayant été perfectionnée successivement, les nations qui y ont contribué chacune pour son utilité particulière, ont cru être en droit de s'attribuer la totalité de l'invention. Je crois

néanmoins pouvoir ajouter, sans crainte de partialité, que l'usage généralement adopté de marquer le nord sur la rose ou compas de mer, par une fleur de lis, est un puissant témoignage en faveur de la France. Quant aux Chinois, s'il est vrai, comme quelques historiens le prétendent, qu'ils aient fait servir long-temps avant les Européens, la boussole à la navigation, ils ont toujours été du moins bornés à une pratique grossière; car leur méthode constante de faire flotter l'aimant sur l'eau, n'est pas comparable à la suspension sur un pivot.

XI.

Les anciens, qui n'avaient d'autre guide en mer que l'observation des étoiles, osaient rarement s'éloigner des côtes à une distance un peu considérable. Munis de la boussole, les navigateurs modernes abandonnèrent par degrés cette méthode lente, timide et dangereuse de côtoyer le rivage; et conduits par leur nouveau guide aussi sûr que commode, ils se hasardèrent en pleine mer; ils naviguèrent la nuit comme le jour, et dans les temps les plus nébuleux, avec une pleine confiance justifiée par le succès. C'est ainsi que la boussole mit véritablement les hommes en possession de l'empire de la mer, et qu'en ouvrant des communications entre tous les peuples qui habi-

tent les différentes parties du globe terrestre, elle agrandit, pour ainsi dire, le monde politique.

XII.

Premières navigations des Espagnols.

Vers le milieu du quatorzième siècle, les Espagnols avaient commencé à naviguer sur l'Océan Atlantique, et ils avaient découvert les îles *Canarias* ou *Fortunées,* dont les anciens avaient eu connaissance, mais qui étaient abandonnées et oubliées depuis long-temps. La navigation prit un essor plus grand et plus hardi dans le quinzième siècle, et elle dut ces premiers succès, d'un genre nouveau, au génie et au courage des Portugais.

XIII.

La navigation fait de grands progrès chez les Portugais.

Les sciences cultivées par les Arabes s'étaient introduites dans le Portugal comme dans l'Espagne, par les Maures et par les Juifs, qui étaient en grand nombre dans ces pays. Sous le roi Jean 1.er, l'un des plus grands princes qui aient gouverné le Portugal, une petite flotte alla attaquer les Maures établis sur les côtes de Barbarie, pendant que d'autres vaisseaux étaient chargés de naviguer le long de la côte occidentale d'Afrique, et de découvrir les pays qui y étaient situés. Ces premières tentatives eurent un heureux succès, et furent le prélude des grandes découvertes qui se préparaient.

An de J. C. 1412.

Le prince Henri de Portugal.

Henri, duc de *Viseo*, quatrième fils du roi Jean, avait accompagné son père dans l'expédition de Barbarie, et s'y était distingué par différentes actions de bravoure. Il prit un goût extraordinaire pour la navigation. Instruit dans toutes les sciences de son temps, et singulièrement dans la *géographie*, par les relations des voyageurs, et par les leçons d'un mathématicien nommé *Jacques*, qu'il avait fait venir de l'île de *Maiorque*, pour lui enseigner les principes de l'art nautique, la construction des cartes et des instrumens de marine alors en usage, il acquit une profonde connaissance de la configuration du globe terrestre, et il conçut la possibilité et le projet de pousser plus loin les premières conquêtes maritimes de ses compatriotes. Il rassembla un grand nombre d'officiers de mer, déjà très-expérimentés; il leur communiqua ses plans, qu'ils adoptèrent avec enthousiasme. On équipa des flottes; et en avançant vers le sud, non-seulement on découvrit de vastes et riches contrées le long de la côte occidentale de l'Afrique, mais, en s'éloignant de cette côte vers l'ouest, on trouva plusieurs îles, telles que Madère, les îles du Cap-Verd, les Açores, etc. La boussole, quoique connue depuis très-long-temps en Europe, n'était pas encore généralement en usage dans la navigation : elle fut l'âme de ces premières et fameuses expéditions des Portugais. A la mort du prince

An 1463.

Henri, ils n'étaient plus qu'à cinq degrés de distance de la ligne équinoxiale.

La découverte du prince Henri, qui appartient le plus spécialement à notre sujet, est celle qu'il fit des cartes marines, connues sous le nom *cartes plates*, pour représenter à chaque instant la position du vaisseau, et la route qu'il doit suivre et qu'on lui fait suivre en effet au moyen de la boussole. L'usage des globes terrestres était très-ancien : celui des cartes, plus récent, avait la préférence depuis que Ptolemée et les Arabes avaient donné des méthodes géométriques pour projeter les cercles de la terre sur une surface plane; mais ces cartes, imaginées pour représenter les régions terrestres, n'étaient pas convenables pour la mer; le prince Henri y fit un changement considérable, afin d'en adapter le principe à son objet.

Cartes du prince Henri.

Sur le globe, chaque rumb de vent coupe tous les méridiens sous un même angle. Le prince Henri, voulant transporter cette propriété sur la carte, supposa que les méridiens étaient représentés par des lignes droites parallèles, et que par conséquent les cercles parallèles à l'équateur l'étaient aussi par des lignes droites, perpendiculaires aux précédentes. En regardant la terre comme une sphère, tous les degrés des méridiens sont égaux; mais ceux des parallèles changent en changeant de latitudes, étant proportionnels aux cosinus des

latitudes. Le prince Henri supposa néanmoins que sur une certaine étendue en latitude, tous les arcs des parallèles, compris entre deux mêmes méridiens, étaient égaux, et il prit, pour leur valeur commune, la moyenne arithmétique entre les valeurs des deux parallèles extrêmes. Ensuite, après avoir tracé la rose des vents sur la carte, il menait du point de départ du vaisseau au point d'arrivée, une ligne droite, et il regardait le rumb de vent parallèle à cette ligne, comme la route du vaisseau.

On voit d'abord que dans l'hypothèse même de la terre parfaitement sphérique, ces cartes ont le défaut de représenter, par des lignes égales, tous les arcs (réellement inégaux) des cercles parallèles compris entre deux mêmes méridiens. Elles supposent encore que les rumbs de vent peuvent être représentés par des lignes droites, ce qui n'est vrai qu'en supposant que le vaisseau suivît toujours ou le même parallèle ou le même méridien : dans tous les autres cas, la proportion entre les degrés des parallèles et ceux des méridiens n'étant point observée, celle des angles que forment les rumbs de vent avec les méridiens ne l'est pas non plus. Néanmoins ces cartes ont été long-temps les seules en usage dans la marine; elles le sont encore pour les navigations qui n'ont qu'une médiocre étendue en latitude, surtout à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur. Ajoutons que comme il arrive

rarement qu'on puisse aller directement au but qu'on se propose par un même rumb de vent, et que les îles, les rochers, les courans, etc., obligent souvent d'en changer, il serait encore possible de se servir en général de ces mêmes sortes de cartes : seulement il en faudrait avoir plusieurs construites de proche en proche, suivant la même loi, pour des zones sphériques successives, qui ne comprendraient chacune qu'un petit nombre de degrés en latitude; mais cela serait embarrassant dans la pratique, et on préfère avec raison les *cartes réduites,* dont je parlerai ci-dessous à leur tour.

La gloire du prince Henri ne se borne pas à l'invention dont je viens de parler : elle eût été stérile en quelque sorte, s'il n'avait pas réuni, comme il fit, toutes les observations alors éparses, pour fixer la position des lieux sur ses cartes, et tous les détails nautiques nécessaires à ses grands desseins; il eut le mérite, rare dans un prince, de savoir s'entourer des hommes les plus éclairés et les plus expérimentés de son temps.

XIV.

Les conquêtes maritimes des Portugais furent un peu ralenties vers la mort de ce prince. Le trône de Portugal était alors occupé par Alphonse v, qui, ayant à soutenir des prétentions à la couronne de Castille, et une guerre contre les Maures

de Barbarie, ne put suivre que faiblement les découvertes le long des côtes d'Afrique. Jean II, son fils et son successeur, tout rempli de l'esprit et des connaissances de son grand-oncle le prince Henri, poussa ces découvertes avec une nouvelle ardeur et les plus glorieux succès. Deux médecins de Jean, appelés *Rodrigue* et *Joseph*, et un Portugais, natif de l'île de Fayal, nommé *Martin de Bohemia*, instruit à l'école de Régiomontanus, calculèrent des tables de la déclinaison du soleil, pour l'usage des navigateurs, et montrèrent l'avantage et le moyen d'employer l'astrolabe aux observations nautiques. En 1484, les Portugais armèrent une puissante flotte qui, après s'être emparée du royaume de *Benin*, s'avança fort loin au-delà de l'équateur, et fit voir pour la première fois, aux Européens, un nouveau ciel et de nouvelles étoiles. Deux ans après, Barthélemi *Diaz* pénétra jusqu'au cap de *Bonne-Espérance*; en 1492, *Vasco de Gama* doubla ce cap, et alla fonder plusieurs établissemens portugais dans les Indes orientales.

XV.

Le même enthousiasme pour la navigation se communiqua dans toute l'Europe. On n'y respirait de tous côtés que voyages lointains, projets de conquérir de nouveaux pays, et de former de nou-

veaux établissemens qu'on allait chercher à travers les mers, et en s'exposant aux plus affreux dangers. Dans la même année 1492, où les Portugais doublèrent le cap de Bonne-Espérance, le célèbre Christophe *Colomb,* qui avait pris, dit-on, des leçons de *Martin de Bohemia,* entreprit de faire le tour du monde avec une petite flotte armée aux frais d'*Isabelle,* reine de Castille, et de *Ferdinand,* son mari, roi d'Arragon : s'il ne put accomplir entièrement ce vaste projet, il s'immortalisa du moins par la découverte de l'Amérique : découverte la plus grande et la plus importante qui ait jamais honoré la navigation. Le détail de ces fameuses expéditions est étranger à cet ouvrage. *Voyez* l'Histoire de l'Amérique du docteur Robertson.

FIN DE LA SECONDE PÉRIODE.

HISTOIRE
DES
MATHÉMATIQUES.

PÉRIODE TROISIÈME.

Progrès des Mathématiques depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à l'invention de l'analyse infinitésimale.

INTRODUCTION.

Les progrès que les nations occidentales de l'Europe ont faits dans les sciences depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à nos jours, effacent tellement ceux des autres peuples, que je ne m'occuperai plus que des premiers dans la suite de cet essai. Que sont en effet les observations astronomiques des Chinois ou des Indiens, en comparaison de toutes les belles découvertes dont les Européens ont enrichi l'analyse, la géométrie, la mé-

canique, l'astronomie, etc.? Il n'en est pas de l'histoire des sciences comme de l'histoire politique. Dans le récit des guerres, des traités entre les nations, des mœurs, des usages, des changemens de souverains, etc., il faut rapporter et classer par ordre tous les événemens, afin de donner un corps à la chronologie, et de faire connaître la place que chaque peuple occupe sur la scène du monde. Mais dans les sciences, où les événemens sont les nouvelles vérités, si une découverte vient à se lier à une théorie plus étendue et plus importante, elle perd son existence individuelle, et on peut l'exclure sans inconvénient du tableau général des connaissances humaines.

CHAPITRE PREMIER.

Progrès de l'Analyse.

I.

L'ARITHMÉTIQUE et l'algèbre qui, jusqu'au temps où nous sommes ici, avaient été regardées comme deux sciences distinctes, commencent à se réunir et à se prêter des secours mutuels. Elles sont en effet fondées sur les mêmes principes ; elles opèrent d'une manière semblable, la première sur les nombres, la seconde sur les grandeurs en général. Souvent l'algèbre donne les mains à l'arithmétique, pour se conduire dans le labyrinthe de certaines combinaisons abstraites de nombres, parce que le calcul numérique ne laissant point de traces du chemin par où l'on a passé, on a besoin, en plusieurs occasions, de remonter aux principes généraux, et d'en pouvoir suivre le fil ; l'arithmétique, à son tour, traduit les formules de l'algèbre, et les applique aux usages qui en sont l'objet final. Je les comprends donc ici toutes deux sous le nom générique d'*analyse*.

Arithmétique et algèbre, même science.

II.

Mouvement dans la résolution des équations.

Les ouvrages analytiques de Léonard de Pise étant demeurés manuscrits, et comme absolument inconnus, même en Italie, le traité *Summa de Arithmetica e Geometria* de Lucas de Borgo, dont nous avons déjà parlé, représentait l'état où l'algèbre était alors, c'est-à-dire bornée à la résolution complète des équations des deux premiers degrés. Le passage aux degrés supérieurs était difficile. L'Italie eut la gloire de donner à cet égard une nouvelle extension à l'algèbre, par la résolution générale des équations du troisième et du quatrième degrés.

Cardan, né en 1501, mort en 1576.

Cardan rapporte, dans son livre intitulé : *De Arte magnâ,* publié en 1545, que Scipion *Ferrei,* professeur de mathématiques à Bologne, est le premier qui ait donné la formule pour résoudre les équations du troisième degré; qu'environ trente ans après, un Vénitien, nommé *Florido,* instruit de cette découverte par son maître *Ferrei*, proposa à Nicolas *Tartaglia*, célèbre mathématicien de Brescia, divers problèmes dont la solution dépendait de cette formule; et que Tartaglia, en méditant sur ces problèmes, parvint à la trouver. Dans un autre endroit, Cardan fait l'aveu que, sur ses instantes prières, Tartaglia lui communiqua cette même formule, mais sans y ajouter la démonstra-

Tartaglia, né en 1479, mort en 1557.

tion ; et qu'ayant trouvé cette démonstration avec le secours de son disciple Louis *Ferrari*, jeune homme d'une grande pénétration, il avait cru devoir donner le tout au public. Mais Tartaglia fut très-mécontent du procédé de Cardan ; il prétendit être seul inventeur de la formule ; il soutint que Florido ne la connaissait pas lui-même, et que Cardan était coupable tout à la fois d'infidélité et de plagiat, pour avoir publié une formule qu'on lui avait confiée sous le sceau du secret, et à laquelle il n'avait aucun droit.

III.

La résolution des équations du quatrième degré suivit de près celle des équations du troisième. Nous apprenons encore de Cardan que Louis Ferrari fit cette nouvelle découverte. Sa méthode, aujourd'hui connue de tous les analystes, sous le nom de *méthode italienne*, consistait à disposer les termes de l'équation du quatrième degré, de telle manière qu'en ajoutant à chaque membre une même quantité, les deux membres pussent se résoudre par la méthode du second degré. En satisfaisant à cette condition, on est mené à une équation du troisième degré : de sorte que la résolution complète du quatrième degré est liée avec celle du troisième, et que les difficultés de celui-ci affectent également l'autre. Je dis *les difficultés* : il

y a effectivement dans le troisième degré un cas qui est devenu la torture de tous les analystes, et que par cette raison on appelle *cas irréductible*. Ce cas embrasse les équations où les trois racines sont réelles, inégales, et incommensurables entre elles. Alors les formules qui les représentent comprennent des parties imaginaires : et on serait d'abord porté à croire que ces expressions sont imaginaires, si un examen attentif de leur nature n'empêchait de précipiter son jugement. Tartaglia et Cardan n'osèrent rien prononcer à ce sujet. Le dernier s'attacha seulement à résoudre quelques équations particulières qui paraissaient s'y rapporter, et où la difficulté s'évanouissait fortuitement.

Raphaël Bombelli, bolonais, un peu postérieur à Cardan, fit voir le premier, dans son Algèbre imprimée en 1579, que les parties de la formule qui représentent chaque racine dans le cas irréductible, forment par leur assemblage un résultat réel dans tous les cas. Cette proposition était alors un vrai paradoxe ; mais le paradoxe disparut lorsque Bombelli eut démontré, par des constructions géométriques à peu près de la même nature que celles dont Platon s'était servi pour trouver les deux moyennes proportionnelles dans le problème de la duplication du cube, que les quantités imaginaires comprises dans les deux parties de la formule, devaient nécessairement se détruire par

l'opposition des signes. A l'appui de cette démonstration générale, l'auteur produisit plusieurs exemples particuliers, dans lesquels, en tirant, suivant les méthodes ordinaires pour les quantités réelles, les racines cubes des deux binômes qui composent la valeur de l'inconnue, puis ajoutant les deux racines, on obtient des résultats réels. On est parvenu dans la suite à la même conclusion par d'autres moyens plus simples et plus directs; mais ce premier effort de Bombelli fut pour le temps un grand pas dans l'analyse des équations.

Il était naturel de penser que les méthodes pour le troisième et le quatrième degrés devaient s'étendre plus loin, ou faire naître du moins de nouvelles vues sur les formes des racines dans les degrés supérieurs au quatrième. Mais si l'on excepte les équations qui, par des transformations de calcul, se réduisent en dernière analyse aux quatre premiers degrés, l'art de résoudre les équations en général et en toute rigueur n'a fait aucun progrès depuis les travaux des Italiens que nous venons de citer.

Maurolic, abbé de Sainte-Marie-du-Port en Sicile, profond dans toutes les parties des mathématiques, s'attacha à une autre branche de calcul analytique, alors presqu'inconnue : c'était la sommation de plusieurs suites de nombres, comme la suite des nombres naturels, celle de leurs carrés, celle des nombres triangulaires, etc. Il donna

MAUROLIC, né en 1494, mort en 1575

sur ce sujet des théorèmes remarquables par la subtilité de l'invention et la simplicité des résultats.

IV.

VIÈTE, né en 1540, mort en 1603.

On voit que nous rendons justice avec plaisir aux savans étrangers. La même équité demande que l'on attribue à Viète, l'un de nos illustres compatriotes, la gloire d'avoir généralisé l'algorithme de l'algèbre, et d'y avoir fait plusieurs découvertes importantes. Avant lui, on ne résolvait que des équations du genre de celles qu'on appelle *équations numériques* : on représentait l'inconnue par un caractère particulier, ou par une lettre de l'alphabet; les autres quantités étaient des nombres absolus. Il est vrai qu'ensuite la méthode appliquée à une équation pouvait être appliquée également à une autre équation semblable. Mais il était à désirer que toutes les grandeurs indistinctement fussent représentées par des caractères généraux, et que toutes les équations particulières d'un même ordre ne fussent que de simples traductions d'une même formule générale. Viète procura cet avantage à l'algèbre, en y introduisant les lettres de l'alphabet pour représeuter toutes sortes de grandeurs connues ou inconnues : notation facile et commode, tant parce que l'usage des lettres nous est très-familier, que parce qu'une lettre peut exprimer indifféremment un poids, une distance, une

vitesse, etc. Lui-même fit plusieurs usages très-heureux de ce nouvel algorithme. Il apprit à faire subir diverses transformations aux équations de tous les degrés, sans en connaître les racines; à les priver du second terme; à chasser les coefficiens fractionnaires; à augmenter ou à diminuer les racines d'une quantité donnée; à multiplier ou à diviser les racines par des nombres quelconques : il donna une méthode ingénieuse et nouvelle pour résoudre les équations du troisième et du quatrième degrés. Enfin, au défaut d'une résolution rigoureuse des équations de tous les degrés, il parvint à une résolution approchée : elle est fondée sur ce principe, qu'une équation quelconque n'est qu'une puissance imparfaite de l'inconnue; et l'auteur y emploie à peu près les mêmes procédés que pour trouver par approximation les racines des nombres qui ne sont pas des puissances parfaites. Si nous possédons aujourd'hui des moyens plus simples et plus commodes pour arriver au même but, n'en admirons pas moins ces premiers efforts du génie.

Plusieurs algébristes publièrent, vers le même temps, des traités fort utiles pour propager la science; mais on ne voit pas qu'ils aient contribué à l'augmenter.

V.

Invention des logarithmes.

Les premières années du dix-septième siècle furent marquées par la belle découverte des *logarithmes*

rithmes, qui a rendu et ne cessera jamais de rendre les plus importans services à toutes les parties pratiques des sciences, surtout à l'astronomie, en apportant aux calculs numériques des abréviations, sans lesquelles la patience la plus aguerrie aurait été forcée d'abandonner une foule de recherches utiles. Le principe de cette invention est dû au baron de Neper, seigneur écossais, d'une illustre maison qui subsiste encore en Angleterre. L'ouvrage qu'il publia sur ce sujet à Edimbourg, en 1614, est intitulé : ***Logarithmorum canonis descriptio*, *seu Arithmeticæ supputationum mirabilis abreviatio*.**

NEPER, né en 1550, mort en 1618.

Tout le monde sait que des quatre règles fondamentales de l'arithmétique, l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, les deux premières sont d'une pratique facile et exacte, pour peu qu'on y donne d'attention ; mais que les deux autres, et principalement la division, exigent des opérations souvent très-longues, très-fatigantes, et capables de rebuter le calculateur, ou de l'exposer à commettre des erreurs dangereuses. Une observation qu'on avait faite depuis long-temps sur la correspondance de la proportion ou progression géométrique avec la proportion ou progression arithmétique, mais à laquelle on n'avait donné aucune suite, fit naître au baron de Neper la pensée de construire des tables au moyen desquelles on

évite la multiplication et la division, et on réduit tous les calculs numériques à de simples additions et soustractions.

Cette observation est que tout ce qui s'opère par voie de multiplication et de division dans la proportion ou progression géométrique, s'opère par voie d'addition et de soustraction dans la proportion ou progression arithmétique : par exemple, dans la proportion géométrique, le quatrième terme est égal au produit des moyens, divisé par le premier terme; et dans la proportion arithmétique, le quatrième terme est égal à la somme des moyens, moins le premier terme : dans la progression géométrique, un terme est égal à un autre multiplié ou divisé par la raison de la progression, autant de fois plus une qu'il y a de termes entr'eux; et dans la progression arithmétique, un terme est égal à un autre, plus ou moins la différence de la progression, prise autant de fois, plus une, qu'il y a de termes entr'eux. De là, en formant une table dans laquelle deux progressions, l'une géométrique, l'autre arithmétique, se correspondent terme à terme, on voit qu'ayant à faire des multiplications et des divisions sur les termes de la première, on pourra opérer sur ceux de la seconde, par voie d'addition et de soustraction; et que par les résultats de ces dernières opérations, on obtiendra les nombres qui leur correspondent dans la progression géométrique.

Les termes de la progression arithmétique s'appellent les *logarithmes* des termes de la progression géométrique.

Le choix de l'une et l'autre progression étant arbitraire et pouvant varier à l'infini, il y a une infinité de systèmes de logarithmes; mais il faut adopter pour la pratique un système simple et commode. La table ne pouvant avoir qu'une étendue médiocre, comprise entre des nombres finis, elle doit du moins renfermer dans un ordre clair et méthodique tous les nombres dont on peut avoir besoin dans la pratique des calculs auxquels ces sortes de tables sont destinées.

Le système de Neper était un peu compliqué dans la manière dont il le conçut et le présenta d'abord. Il s'explique très-clairement par le moyen de l'hyperbole équilatère, rapportée à ses asymptotes; car si l'on prend pour l'axe des abscisses l'une des asymptotes, et qu'on mène de tous les points de la demi-hyperbole adjacente, des perpendiculaires à l'axe, ou des parallèles à l'autre asymptote; la propriété de la courbe est telle, que les abscisses étant supposées croître en progression géométrique, les espaces hyperboliques correspondans croissent en progression arithmétique. L'unité de numération est la première abscisse, comptée depuis le centre de la courbe, jusqu'à la première ordonnée qui lui est égale, et qui part du sommet; les

logarithmes ou les espaces hyperboliques commencent à la première ordonnée. D'où l'on voit que le logarithme de l'unité est *zéro*, et que les autres logarithmes croissent en même temps que les abscisses, ou les termes de la progression géométrique.

La loi de continuité qui règne dans la courbe, exige que les ordonnées se succèdent par intervalles infiniment petits le long de l'axe; ainsi, dans la supposition même où la table est renfermée entre des limites finies, les deux progressions qu'elle comprend ont réellement et intrinsèquement chacune une infinité de termes. On ne peut pas insérer tous ces nombres dans la table; mais on observe que dans cette infinité, il se trouve nécessairement des termes qui sont égaux, du moins à très-peu de chose près, aux nombres dont on fait usage dans la pratique ordinaire de l'arithmétique; et on se contente d'insérer ces termes dans la table. Par exemple, on trouve que le nombre 4 a pour logarithme 0,142898; que le nombre 10 a pour logarithme 2,302585.

Les mêmes résultats peuvent s'obtenir par la considération d'une autre courbe appelée *logarithmique,* dont la propriété est que les abscisses étant prises en progression arithmétique, les ordonnées sont en progression géométrique. La sous-tangente a toujours la même valeur dans toute

l'étendue de la courbe, et fait ainsi la fonction de *paramètre*. Dans la logarithmique correspondante à l'hyperbole que nous venons de considérer, la première ordonnée est l'*unité*, et son logarithme est zéro; la valeur de la sous-tangente est aussi l'unité. Les deux progressions sont soumises aux mêmes lois dans les deux cas; les logarithmes se calculent par les mêmes moyens; et les résultats sont nécessairement les mêmes.

Il y a une autre manière, purement analytique, d'envisager les logarithmes, c'est de les considérer comme les *exposans* d'un nombre fondamental, appelé ordinairement *base logarithmique*, lequel par ses différentes puissances, entières ou rompues, produit tous les termes de la progression géométrique.

Dans le système Neperien, la base logarithmique est 2,71828, à peu de chose près. La puissance *zéro* de ce nombre vaut 1, comme on sait en général pour tous les nombres possibles; le logarithme de l'unité est donc zéro; le logarithme de la puissance première, ou du nombre même 2,71828, est 1; le logarithme de la puissance 2 est 2, celui de la puissance 3 est 3; etc. On voit que dans ce système, aux termes 0, 1, 2, 3, 4, 5, etc., de la progression arithmétique des nombres naturels, répondent dans la progression géométrique, des termes qui, à l'exception du pre-

mier, contiennent des fractions; ce qui produirait des longueurs et même des erreurs quelquefois sensibles dans les calculs ordinaires; à quoi se joindraient encore de petites difficultés relativement aux logarithmes des sinus et des tangentes.

Neper sentit lui-même ces inconvéniens; il en conféra avec Henri Briggs, son ami, professeur de mathématiques au collége de Gresham. Tous deux convinrent de faire répondre à la progression arithmétique 0, 1, 2, 3, 4, 5, etc., la progression géométrique 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, etc., qui sert de fondement à la numération ordinaire; de manière qu'ici la *base logarithmique* est 10, tandis que dans le premier système Neperien, la base logarithmique est 2,71828. Par ce changement, la construction de la table devint plus facile, et d'un usage très-commode : c'est celle qu'on emploie aujourd'hui. La sous-tangente de la logarithmique du système Neperien était 1; celle de la logarithmique de nos tables actuelles est le nombre décimal 0,434294. Connaissant le logarithme d'un nombre dans l'un des deux systèmes, on aura aussi le logarithme de même nombre dans l'autre système, ces deux logarithmes étant entr'eux, dans le rapport des sous-tangentes des deux logarithmiques. Cette communication réciproque des deux systèmes a fait qu'on a conservé l'usage des logarithmes Neperiens dans les formules logarith-

BRIGGS, né en 1556, mort en 1630.

miques du calcul intégral, où ils s'appliquent d'une manière très-simple et très-commode ; après quoi on passe aux logarithmes ordinaires, comme je viens de l'indiquer.

Neper étant mort avant d'avoir pu calculer lui-même des tables suivant le nouveau système, Henri Briggs se trouva seul chargé de ce pénible et important travail, auquel il se livra avec une ardeur infatigable. En 1618, année de la mort de Neper, il publia une table des logarithmes ordinaires pour les mille premiers nombres naturels; en 1624, il en donna une seconde qui contenait les logarithmes des nombres naturels depuis 1 jusqu'à 20000, et depuis 90000 jusqu'à 100000. Gellibrand, Gunther et Adrien Wlacq, savans distingués, élèves ou amis de Briggs, remplirent les lacunes qu'il avait laissées : ils publièrent de nouvelles tables, qui contenaient les logarithmes des sinus, tangentes, etc., pour le quart de cercle. Toutes ces tables ont été perfectionnées et reproduites dans la suite. Je ne finirais point si je voulais faire le recensement de toutes les formes qu'on leur a données, toujours néanmoins dans le système adopté par Briggs. Celles de Gardiner, en particulier, ont toute l'exactitude, toute l'étendue nécessaires, surtout dans la nouvelle édition publiée à Avignon, en 1770, avec des additions considérables, par les soins des PP. Pezenas et Dumas, jésuites. On es-

time également, et par les mêmes motifs, celles de Callet. Les extensions que des auteurs modernes ont entrepris de donner à ces tables, en multipliant les décimales d'une manière effrayante, ne peuvent donc être regardées que comme des superfluités laborieuses, absolument inutiles dans la pratique ordinaire, d'ailleurs très-sujettes à erreurs, et très-dispendieuses à imprimer. Je ne dois pas oublier qu'un géomètre allemand, appelé *Just Byrge,* fit imprimer, en 1620, un commencement de tables logarithmiques, qui se rapportent dans le fond au système Neperien, dont il ne pouvait avoir connaissance; mais ce commencement n'a point eu de suite ni d'application.

VI.

Progrès de l'algèbre

Hariot, né en 1560, mort en 1621.

Tandis que l'arithmétique s'enrichissait de la découverte des logarithmes, l'algèbre faisait des progrès marqués entre les mains de Hariot, analyste anglais, qui publia, en 1620, un ouvrage intitulé: *Artis analyticæ praxis.* Cet ouvrage contient tout ce qui avait été écrit de plus important sur l'algèbre, et plusieurs nouveautés qui appartiennent à l'auteur. D'abord Hariot simplifia les notations de Viète, en substituant les lettres minuscules à la place des majuscules, et de nouveaux signes pour abréger le discours. Quelques personnes attacheront peut-être un mérite bien mince à ces

changemens; ceux qui savent que la simplicité d'un algorithme a souvent produit des découvertes remarquables, porteront un autre jugement. Hariot est le premier qui ait imaginé de mettre d'un même côté tous les termes d'une équation, et qu par là ait vu distinctement ce que Viète n'avait fait qu'indiquer d'une manière confuse, que dans toute équation le coefficient du second terme est la somme des racines prises avec des signes contraires; que le coefficient du troisième est la somme des produits des racines prises deux à deux; que le coefficient du quatrième est la somme des produits des racines prises trois à trois avec des signes contraires; ainsi de suite, jusqu'au dernier terme, qui est le produit de toutes les racines prises avec des signes contraires. On lui doit d'avoir observé que toutes les équations qui passent le premier degré, peuvent être regardées comme produites par la multiplication d'équations du premier degré : de sorte que substituant à la place de l'inconnue l'une des valeurs données par ces équations composantes, la totalité des termes de l'équation proposée devient égale à zéro. Ces théorèmes ont facilité la résolution complète de quelques équations particulières, et d'autres recherches.

VII.

Personne n'a plus contribué que notre illustre

Descartes à l'avancement général de la science analytique. La nature lui avait donné le génie et l'audace nécessaires pour remuer toutes les bornes des connaissances humaines. Il apprit aux hommes, dans sa *Méthode*, l'art de chercher la vérité; il joignit l'exemple au précepte dans ses ouvrages de mathématiques. La gloire que ces ouvrages lui ont acquise ne périra jamais, parce que les vérités qu'il a découvertes sont de tous les temps; mais on ne peut pas dissimuler que la plupart de ses systèmes philosophiques, enfantés par l'imagination, et contredits par la nature, ont déjà disparu, et n'ont produit d'autre avantage que d'abolir la tyrannie du péripatétisme. L'algèbre lui doit plusieurs découvertes importantes. Il introduisit dans les multiplications réitérées d'une même lettre, la notation des puissances par les exposans, ce qui simplifie le calcul, et ce qui a été le germe de la méthode pour développer les quantités radicales en séries. Les analystes qui l'avaient précédé ne connaissaient point l'usage des racines négatives dans les équations, et ils les rejetaient comme inutiles : il fit voir qu'elles sont tout aussi réelles, tout aussi propres à résoudre une question que les racines positives, la distinction qu'on doit mettre entre les unes et les autres n'ayant d'autre fondement que la différente manière d'envisager les quantités dont elles sont les symboles. Il enseigna à discerner dans une équa-

DESCARTES, né en 1596, mort en 1650.

tion qui ne contient que des racines réelles, le nombre des racines positives, et celui des racines négatives, par la combinaison des signes qui précèdent les termes de l'équation. La méthode des *indéterminées*, entrevue par Viète, fut développée par Descartes, qui en fit une application claire et distincte aux équations du quatrième degré. Il feint que l'équation générale de ce degré est le produit de deux équations du second qu'il affecte de coefficiens indéterminés; et, par la comparaison des termes de ce produit avec ceux de l'équation proposée, il parvient à une équation réductible au troisième degré, laquelle donne les coefficiens inconnus. Cette méthode s'applique à une infinité de problèmes dans toutes les parties des mathématiques.

Hudde, mort très-âgé en 1704.

Je ne ferai pas ici mention de plusieurs savans algébristes qui, peu de temps après la mort de Descartes, étudièrent et même perfectionnèrent ses méthodes. Il y en a cependant un qui mérite une attention particulière: c'est le célèbre Hudde, bourguemestre d'Amsterdam, qui publia en 1658, dans le commentaire de Schooten sur la Géométrie de Descartes, une méthode très-ingénieuse pour reconnaître si une équation d'un degré quelconque contient plusieurs racines égales, et pour déterminer ces racines.

VIII.

Pascal se fraya dans l'analyse une route nouvelle par son fameux *Triangle arithmétique*. C'est une espèce d'arbre généalogique, où par le moyen d'un nombre arbitraire, écrit à la pointe du triangle, l'auteur forme successivement, et de la manière la plus générale, tous les nombres figurés, détermine les rapports qu'ont entr'eux les nombres de deux cases quelconques, et les différentes sommes qui doivent résulter de l'addition des nombres d'une même rangée, prise dans tel sens que l'on voudra. Il fait ensuite plusieurs applications intéressantes de ces principes. Celle où il détermine les *partis* qu'on doit établir entre deux joueurs qui jouent en plusieurs parties, mérite principalement d'être remarquée, puisqu'elle a donné la naissance au calcul des probabilités, dans la théorie des jeux de hasard. Quelques auteurs ont attribué *les élémens* de ce calcul à Huguens *, qui publia, en 1657, un excellent traité, intitulé : *De Ratiociniis in ludo aleœ;* mais Huguens avertit lui-même, avec une modestie digne d'un si grand homme, que cette matière avait déjà été agitée entre

PASCAL, né en 1623, mort en 1662.

Calcul des probabilités.

HUGUENS, né en 1625, mort en 1695.

---

* J'écris *Huguens* avec Fontenelle, et conformément à la prononciation française : la vraie ortographe est *Huyghens*.

les plus grands géomètres de la France, et qu'il ne prétend rien à la gloire de l'invention. En effet, on voit, par les Lettres de Pascal et de Fermat, imprimées dans les œuvres de ce dernier, que les principes du triangle arithmétique étaient répandus en France, dès l'année 1654, quoique les ouvrages où Pascal les explique en détail, n'aient paru par la voie de l'impression qu'après la mort de l'auteur.

FERMAT, né en 1590, mort en 1665.

Dans le temps que Pascal approfondissait à Paris la nature des nombres figurés, Fermat, de son côté, en découvrait à Toulouse plusieurs belles propriétés, en suivant une autre méthode. Ces deux grands hommes se rencontraient souvent dans les résultats de leurs recherches. Loin qu'une pareille concurrence altérât l'amitié que la conformité d'études avait fait naître entr'eux, sans qu'ils se fussent jamais vus, ils se rendaient mutuellement justice, avec un abandon que la médiocrité ne peut connaître.

La prédilection de Fermat pour les recherches numériques se porta surtout vers la théorie des nombres premiers, qu'on n'avait pas encore examinée, et où il a fait de profondes découvertes. On sait que tout nombre n'est qu'un rapport avec l'unité de numération; mais il est souvent difficile de reconnaître si ce rapport est simple, ou s'il est produit par la multiplication de plusieurs autres.

Fermat établit des caractères généraux et distinctifs, propres à faire discerner dans une infinité d'occasions les nombres qui ont des diviseurs, d'avec ceux qui n'en ont pas. L'analyse de Diophante exerça également son génie. Bachet de Meziriac, éditeur et commentateur du géomètre grec, avait déjà résolu plusieurs nouveaux problèmes dépendant de la doctrine de son auteur; Fermat porta plus loin la même matière. Toutes ces recherches ont été étendues et perfectionnées par de grands géomètres modernes. J'y reviendrai sous la quatrième période.

MEZIRIAC, né en 1587, mort en 1638.

IX.

En 1655, Wallis, mathématicien anglais, que j'ai déjà cité, publia son *Arithmétique des infinis* : ouvrage plein de génie, et dont l'objet, comme celui du triangle arithmétique, était de sommer différentes suites de nombres. On verra ci-dessous l'usage de cette méthode dans la géométrie. Ici je n'en considère que le côté analytique. L'auteur somme, avec beaucoup d'adresse, un grand nombre de suites très-curieuses et très-remarquables. Il était profondément versé dans l'algèbre; c'est à lui qu'on doit la notation des radicaux par des exposans fractionnaires, et celle des exposans négatifs; Descartes n'avait employé les exposans que pour les puissances entières et positives.

WALLIS, né en 1616, mort en 1703.

L'ouvrage de Wallis répandit en Angleterre le goût et l'esprit des recherches analytiques. On y vit paraître en ce genre une foule de nouveautés intéressantes. La théorie des suites infinies fut surtout cultivée avec beaucoup de succès : elle méritait d'autant plus cette distiuction, qu'à la disette ou à l'imperfection des méthodes rigoureuses, elle substitue des méthodes approximatives auxquelles on est trop souvent forcé de recourir. En effet, le chemin de la vérité étant sans cesse hérissé d'écueils où la faiblesse de l'esprit humain vient se briser, ne doit-on pas s'attacher à les éviter, et à se placer au moins dans le voisinage du but, lorsqu'il n'est pas possible d'y arriver exactement? Les suites infinies sont principalement utiles dans la géométrie, et j'aurai occasion d'y revenir. Ici je me borne à citer en particulier les suites qui se forment par le développement des fractions continues.

Ces suites ont la propriété de donner alternativement des valeurs plus grandes et plus petites que la véritable valeur, selon qu'on prend un terme de plus ou de moins dans l'étendue de la suite, à compter de l'origine; ce qui est utile en une infinité d'occasions. Par exemple, si l'on a une fraction ordinaire, réduite à ses moindres termes, laquelle soit exprimée par de trop grands nombres pour qu'on puisse l'appliquer à la pratique, sous

sa forme immédiate, la méthode dont il s'agit fera trouver facilement une fraction simple et à peu près équivalente. Le lord Brouncker est l'auteur de cette ingénieuse théorie. Elle fut dans la suite étendue, perfectionnée et appliquée à divers usages importans par Huguens et d'autres géomètres célèbres.

BROUNCKER, né en 1620, mort en 1684.

X.

Toutes ces branches particulières de l'analyse ne faisaient pas perdre de vue le problème de la résolution générale des équations. Newton, jeune alors, la chercha long-temps : il ne la trouva point; mais il recula d'ailleurs considérablement les bornes de l'algèbre. Il donna une méthode pour décomposer, lorsque la chose est possible, une équation en facteurs commensurables; méthode qui s'étend à tous les degrés, et dont la pratique est aussi simple qu'on puisse le désirer; il somma les puissances quelconques des racines d'une équation; il enseigna l'art d'extraire, lorsqu'il y a lieu, les racines des quantités en parties commensurables, en parties incommensurables; il apprit à former des suites infinies, pour trouver, d'une manière approchée, les racines des équations numériques et littérales de tous les degrés, etc. La plupart de ces recherches ont été éclaircies et commentées dans plusieurs ouvrages modernes.

NEWTON, né en 1642, mort en 1727.

CHAPITRE II.

Progrès de la Géométrie.

I.

Géométrie pure.

Dès le commencement du seizième siècle, l'ancienne géométrie fut cultivée en Europe avec un succès rapide. On prit pour guides les géomètres grecs, dont la plupart furent traduits en latin ou en italien. L'étude des anciennes langues alors fort en vogue, multipliait les objets et les moyens d'instruction.

Werner, né en 1468, mort en 1528.

On cite Werner comme un savant géomètre. En 1522, il publia à Nuremberg quelques traités concernant presque tous la théorie des sections coniques.

Tartaglia et Maurolic, dont nous avons déjà parlé, se rendirent utiles à la géométrie, non-seulement comme traducteurs de plusieurs anciens ouvrages, mais encore comme auteurs. Le premier a composé un traité italien : *De Numeri e Misure,* dans lequel on trouve pour la première fois, dans les écrits modernes, la détermination de l'aire d'un triangle par le moyen de ses trois côtés, et sans le secours de la perpendiculaire abaissée de

l'un de ses angles sur le côté opposé. Le second a écrit sur plusieurs sujets : son traité des sections coniques est remarquable par la clarté et l'élégance qui y règnent. La Hire n'a fait dans la suite qu'amplifier et appliquer à de nouveaux usages la méthode du géomètre sicilien.

NONIUS, né en 1492, mort en 1577.

Nous ne devons pas oublier Nonius, né en Portugal, auteur de plusieurs ouvrages très-estimables. Il est principalement connu par une méthode de sous-diviser les petits arcs de cercle, appelée la *division de Nonius*.

COMMANDIN, né en 1509, mort en 1575.

Commandin était un homme très-savant dans les mathématiques et dans les langues anciennes. Il a traduit en latin Euclide, une grande partie des ouvrages d'Archimède, les traités *du Planisphère* et de *l'Analemme* de Ptolemée, le livre d'Aristarque de Samos, *sur les Grandeurs et les distances du soleil et de la lune*, les *Pneumatiques* de Héron, la *Géodésie* du géomètre arabe Méhémet de Bagdad, les *Collections mathématiques* de Pappus, etc. Partout Commandin montre la plus grande intelligence des matières ; il éclaircit les endroits difficiles de ses auteurs par des notes précises, claires et instructives : mérite rare, qui place Commandin fort au-dessus du commun des traducteurs et des commentateurs.

RAMUS, né en 1502 mort en 1572.

Le célèbre Ramus n'a fait aucune découverte dans les mathématiques : ses élémens de *Géomé-*

trie et d'*Arithmétique* sont médiocres; mais il a d'ailleurs bien mérité des sciences par le zèle qu'il mit à les défendre, et par le sacrifice qu'il leur fit de son repos, de sa fortune, et même de sa vie. On sait qu'il les professait au collége de France, où il fonda pour elles une chaire qui subsiste encore; qu'il était de la religion protestante, et qu'il fut massacré dans l'horrible journée de la Saint-Barthélemi, par un de ses confrères, nommé *Charpentier,* zélé catholique.

FERNEL, né en 1506, mort en 1558.

Fernel, médecin de Henri II, roi de France, s'est fait un grand nom par divers ouvrages de médecine, et par quelques traités et observations de mathématiques. On prétend que la faveur dont il jouissait à la cour, venait d'avoir enseigné le beau secret de rendre féconde Catherine de Médicis. Nous avons de lui un livre de mathématiques pures, intitulé *De Proportionibus,* et deux ouvrages astronomiques, l'un intitulé *Monalospherion,* espèce d'Analemme, l'autre *Cosmotheoria.* Sa plus grande célébrité en ce genre de connaissances est fondée sur la mesure qu'il donna le premier parmi les modernes de la grandeur de la terre. Il estima, par le nombre de tours que faisait une roue de carrosse sur la route de Paris à Amiens, jusqu'à ce que l'étoile polaire s'élevât d'un degré, que la longueur d'un degré du méridien était de 56746 toises de Paris : résultat fort approchant de la vérité; mais

tout le monde sent qu'une telle exactitude ne peut être attribuée qu'au hasard.

Il serait aussi inutile qu'ennuyeux de citer ici une foule de géomètres qui écrivirent en ce temps-là des ouvrages fort estimables, mais peu profonds, et aujourd'hui presqu'entièrement oubliés. Je nommerai cependant deux mathématiciens allemands, Pierre Metius, Adrianus Romanus, et un mathématicien hollandais, Leudolphe-Van-Ceulen; tous trois auteurs de différentes méthodes pour déterminer d'une manière beaucoup plus approchée qu'on ne l'avait fait encore, le rapport de la circonférence du cercle au diamètre. Pierre Metius fit la remarque, très-digne d'attention et de notre reconnaissance, qu'en représentant le diamètre par 113, la circonférence l'est par 355 : résultat qui approche singulièrement de la vérité, eu égard au petit nombre de chiffres par lesquels il est exprimé. Je n'oublierai pas non plus le célèbre Snellius, autre célèbre mathématicien hollandais, qui se fit dans la suite une grande réputation par ses recherches sur les réfractions, et qui commença, dès l'âge de dix-sept ans, à écrire des ouvrages de géométrie, où l'on trouve, entr'autres choses curieuses, une nouvelle détermination du rapport de la circonférence du cercle au diamètre.

SNELLIUS, né en 1591, mort en 1626.

II.

Géométrie mixte.

L'application de l'algèbre à la géométrie forma une science nouvelle, qu'on peut appeler la *géométrie mixte*. Cette heureuse alliance est la source première des plus importantes découvertes qui se sont faites depuis trois cents ans dans toutes les parties des mathématiques.

On trouve dans les ouvrages de Régiomontanus, de Tartaglia et de Bombelli, quelques problèmes de géométrie résolus par le moyen de l'algèbre; mais ces solutions isolées, et où l'on employait, dans chaque cas particulier, de simples nombres pour exprimer les lignes connues, n'étaient pas fondées sur une méthode régulière et générale d'appliquer l'algèbre à la géométrie. Viète est le premier qui ait donné une telle méthode. Le secours mutuel que ces deux sciences se prêtent fut pour notre auteur la source de plusieurs importantes découvertes. Par exemple, il observa que toute équation du troisième degré, contenant en général ou une seule racine réelle et deux imaginaires, ou trois racines réelles; la racine réelle, dans le premier cas, se trouvait par la duplication du cube; et les trois racines réelles, dans le second, par la trisection de l'angle. On ne doit pas oublier néanmoins qu'il n'avait qu'une idée confuse des racines

négatives, et que Descartes a commencé à les faire connaître distinctement.

Les élémens de la doctrine des *sections angulaires* sont encore une invention de Viète. On sait que l'objet de cette théorie est de trouver les expressions générales des cordes ou des sinus, pour une suite d'arcs multiples les uns des autres ; et réciproquement les expressions des arcs, quand on connaît les cordes ou les sinus : elle a reçu des accroissemens entre les mains de Hermann, Jacques Bernoulli, Jean Bernoulli et Euler.

III.

Je rapporte à la géométrie mixte plusieurs ouvrages qui parurent dans le dix-septième siècle, avant la naissance des calculs différentiel et intégral; non pas que les méthodes qu'on y emploie soient toutes dépendantes du calcul algébrique, mais parce qu'elles sont toujours au moins dirigées par l'esprit de ce calcul.

Un des plus originaux est la *géométrie des indivisibles* de Cavalleri, publié en 1635. La méthode des anciens pour déterminer les surfaces des courbes, les surfaces et les solidités des corps, était très-rigoureuse; mais elle avait l'inconvénient d'exiger plusieurs détours; il fallait inscrire et circonscrire des polygones à une figure, former des solides inscrits et circonscrits à un solide; ensuite

CAVALLERI, né en 1598, mort en 1647.

chercher la limite du rapport entre le dernier polygone inscrit et le dernier polygone circonscrit, ou celle du rapport entre le dernier solide inscrit et le dernier solide circonscrit. Cavalleri marche plus directement au but : il regarde les surfaces planes comme formées par des sommes infinies de lignes, les solides comme formés par des sommes infinies de plans ; et il prend pour principe que les rapports de ces sommes infinies de lignes ou de plans, comparativement à l'unité de numération dans chaque cas, sont les mêmes que ceux des surfaces ou des solides qu'il fallait mesurer. L'ouvrage de Cavalleri est divisé en sept livres : dans les six premiers, l'auteur applique sa nouvelle théorie à la quadrature des sections coniques, à la cubature de leurs solides de révolution, et à d'autres questions de pareille nature sur les spirales ; le septième est employé à démontrer les mêmes choses par des principes indépendans des indivisibles, et à établir, par la conformité des résultats, la parfaite exactitude de la nouvelle méthode.

IV.

De leur côté, les géomètres français s'occupaient de recherches semblables, et même plus profondes. Les dates des lettres contenues dans le *Commerce épistolaire* de Fermat avec divers savans, prouvent que ces recherches ont précédé l'année 1636, sou-

Œuvres de Fermat (1679), pag. 121.

vent même de quelques années, et qu'ainsi elles existaient avant que le livre de Cavalleri parût, ou du moins fût connu en France. Tâchons d'en donner ici une idée générale et suffisante.

Archimède avait carré la parabole ordinaire, et mesuré le solide qu'elle produit en tournant autour de son axe : Fermat, par une méthode nouvelle, résolut non-seulement ces deux problèmes avec une extrême facilité ; il détermina de plus le centre de gravité du paraboloïde, les dimensions et le centre de gravité du solide que la parabole décrit en tournant autour de sa base ; ce qui était plus difficile que les deux problèmes du géomètre grec ; il carra les paraboles de tous les ordres ; il trouva les valeurs de leurs solides de révolution, tant au bout de l'abscisse que de l'ordonnée, et les centres de gravité de ces solides. Je passe sous silence plusieurs autres de ses inventions géométriques. Je m'arrête seulement un instant à sa méthode, pour déterminer les *maxima* et les *minima*.

Elle porte sur ce principe que, si l'on représente la quantité qui doit devenir un *maximum* ou un *minimum*, par l'ordonnée d'une courbe, cette ordonnée croîtra par degrés jusqu'à un certain point, au-delà duquel elle décroîtra, ou bien qu'elle décroîtra d'abord, et puis croîtra ; de telle manière que dans l'un et l'autre cas, il y aura toujours deux ordonnées égales, l'une en avant, l'autre en arrière,

du point où se fait le passage de l'accroissement au décroissement, ou du décroissement à l'accroissement. Or, l'ordonnée étant une certaine *fonction* de l'abscisse, donnée par la nature de la courbe, Fermat suppose que l'abscisse augmente d'une quantité infiniment petite; il substitue la nouvelle abscisse dans la fonction proposée, ce qui donne une nouvelle fonction qui, étant égalée à la première, produira une équation d'où l'on tirera la valeur de l'abscisse correspondante au *maximum* ou au *minimum*, en effaçant les termes qui se détruisent mutuellement, et ceux qui contiennent les puissances supérieures de l'accroissement de l'abscisse. Il emploie le même artifice de calcul pour déterminer les sous-tangentes.

On voit que cette méthode est analogue à celle du calcul différentiel pour les mêmes usages; mais elle n'est pas le calcul différentiel, comme quelques partisans un peu trop zélés de Fermat voudraient le faire croire. En effet, Fermat n'a pas réduit sa méthode en algorithme; et on sait qu'un des principaux caractères d'une méthode analytique, ou au moins celui qui en facilite le plus l'usage et les progrès, est la simplicité et la généralité des symboles qu'on y emploie; il indique seulement, d'une manière générale et très-embarrassante, imitée des anciens géomètres, les calculs qu'il faut faire dans chaque cas particulier; et ces

calculs deviendraient d'une longueur insupportable, pour peu que la question fût un peu compliquée : enfin, cette même méthode n'est applicable en général qu'aux courbes géométriques; et même dans ce cas, elle demande que l'on fasse disparaître les quantités radicales que les équations peuvent contenir, ce qui mène souvent à des calculs intraitables, ou par leur longueur, ou par la difficulté de reconnaître la racine qui doit satisfaire au problème. Le calcul différentiel est exempt de tous ces inconvéniens, et s'applique, avec la même facilité, aux courbes mécaniques et aux courbes géométriques.

Les lettres de Fermat contiennent plusieurs belles découvertes géométriques et arithmétiques. J'en citerai ici une du premier genre, tirée de la première lettre, qui est adressée au P. Mersenne. Fermat considère une spirale différente de celle d'Archimède. Dans la nouvelle courbe, les arcs de cercle parcourus depuis le commencement de la révolution par l'extrémité du rayon, sont comme les carrés des espaces parcourus par le point décrivant, qui marche du centre vers la circonférence; au lieu que dans la spirale d'Archimède, ils sont comme les simples espaces : ce qui produit des propriétés bien différentes pour les deux courbes. Fermat a trouvé que dans la sienne l'espace compris entre le rayon, dans sa position initiale,

la circonférence du cercle et la spirale entière, est la moitié de l'aire du cercle; que le premier espace est la moitié de celui qui provient d'une seconde révolution; que celui-ci est égal au suivant, provenant d'une troisième révolution, et que dès-lors cette même égalité subsiste pour toutes les autres révolutions subséquentes : propriété bien remarquable. Je renvoie les découvertes arithmétiques de Fermat à la quatrième période, où elles ont donné lieu à de semblables recherches.

V.

ROBERVAL, né en 1602, mort en 1675.

Roberval, un peu inférieur à Fermat, résolut néanmoins les problèmes des paraboles de tous les ordres, aussitôt que Fermat les lui eut proposés, sans lui donner d'ailleurs aucune ouverture pour la solution. Il y employa, comme Cavalleri, le principe des indivisibles, mais présenté sous un point de vue plus conforme à la rigueur géométrique : en ce que Roberval considère les surfaces, ou les solides, comme ayant pour élémens des rectangles de hauteurs indéfiniment petites, ou des tranches d'épaisseurs indéfiniment petites, et non pas comme de simples lignes, ou de simples plans. Il développe et applique cette théorie générale à une foule de problèmes curieux et difficiles, dans un long *Traité des indivisibles,* imprimé seulement après sa mort, la première fois en 1693, et ensuite

dans le tome VI des anciens mémoires de l'académie. Je me réserve à parler ci-dessous de ses travaux sur la cycloïde : ici je citerai encore, comme une belle découverte, sa méthode générale pour déterminer les tangentes des lignes courbes géométriques ou mécaniques.

Cette méthode mérite d'autant plus d'être remarquée, qu'elle est semblable, quant au principe, métaphysique, à celle des *fluxions*, que Newton donna long-temps après. Une courbe étant supposée décrite par le mouvement d'un point, Roberval regarde ce point comme animé à chaque instant de deux vitesses données par la nature de la courbe : il construit un parallélogramme, dont les côtés sont proportionnels à ces vitesses, et il prend pour principe, que la direction de l'élément ou de la tangente de la courbe doit tomber sur la diagonale; de sorte que connaissant la position de cette diagonale, on a celle de la tangente. Ainsi, par exemple, dans l'ellipse où la somme des deux lignes menées des deux foyers à un même point de la courbe, est toujours la même, si l'une de ces lignes vient à diminuer d'une certaine quantité, l'autre augmentera de la même quantité : alors le parallélogramme devient un losange, et par conséquent la tangente doit diviser en deux parties égales l'angle que forme la plus courte des deux lignes focales avec le prolongement de la plus grande. Il

y a plusieurs autres cas auxquels la méthode s'applique avec le même succès, comme on peut le voir dans le *Traité des mouvemens composés,* imprimé dans les mêmes recueils que celui des indivisibles; mais il y en a un bien plus grand nombre d'autres où elle est impraticable, soit par la longueur des calculs, soit par la difficulté de découvrir ou d'exprimer le rapport des vitesses du point décrivant; au lieu que dans la méthode des *fluxions,* ou du calcul différentiel, le principe métaphysique étant réduit en un algorithme simple, débarrassé de toutes les opérations superflues, une même formule générale fait trouver, avec une extrême facilité, la tangente d'une courbe quelconque.

VI.

Descartes ayant eu connaissance, par le P. Mersenne, des problèmes agités entre Fermat et Roberval, en donna aussitôt des solutions fort simples et fort élégantes. Nous voudrions pouvoir oublier qu'en cette occasion, comme en plusieurs autres, il prit avec ses rivaux un ton de légèreté et de mépris qui ne convient jamais à l'homme supérieur, et qui n'est tout au plus pardonnable qu'à la médiocrité humiliée et vindicative. Hâtons-nous de revenir à ses titres de gloire.

L'ouvrage qui l'honore le plus aux yeux de la

postérité, quoiqu'il n'en eût pas peut-être la même opinion, est sa *Géométrie*, publiée pour la première fois en 1637. Géométrie de Descartes

Quelques auteurs ont imprimé, d'autres ont répété et on répète tous les jours en conversation, que Descartes est l'inventeur de l'application de l'algèbre à la géométrie. Cela n'est point exact. On accorde à Descartes plus qu'il ne doit prétendre, et on oublie trop les droits de ses prédécesseurs, et en particulier ceux de Viète. L'erreur est sans doute excusable, quand on considère l'usage si heureux, si original, si étendu, que Descartes a fait de cette découverte; mais enfin la justice rigoureuse doit prévaloir et rétablir la vérité. Descartes y perdra peu; il aura d'abord la gloire d'avoir le premier résolu complètement le problème général suivant, que les anciens géomètres, Euclide, Apollonius et Pappus s'étaient proposé, et dont ils n'avaient fait qu'ébaucher la solution : *Ayant un nombre quelconque de lignes droites données de position sur un plan, trouver un point duquel on puisse tirer autant d'autres lignes droites, une sur chacune des données, qui fassent avec elles des angles donnés, avec cette condition que le produit de deux lignes ainsi tirées ait un rapport donné avec le carré de la troisième, s'il n'y en a que trois; ou bien avec le produit des deux autres, s'il y en a quatre;*

ou bien, s'il y en a cinq, que le produit de trois ait le rapport donné avec le produit des deux lignes restantes et d'une troisième ligne donnée; ou bien, s'il y en a six, etc. Descartes commença par observer que la question ainsi proposée est indéterminée, et qu'il existe une infinité de points d'où l'on peut mener les lignes demandées; il conçut que tous ces points pouvaient être regardés comme placés sur la courbe que décrit un style que l'on ferait mouvoir sur un plan, suivant les conditions du problème; il exprima cette condition par une équation entre les quantités *données,* et deux lignes variables; de telle manière qu'en se donnant à volonté l'une de ces lignes, l'autre se tirait de l'équation; ce qui faisait connaître à chaque instant la position du point décrivant. Bientôt, par un nouvel effort de génie dont il ne partage l'honneur avec personne, Descartes conçut la méthode générale de représenter la nature des lignes courbes par des équations, et de les distribuer en différentes classes, à raison des divers degrés de ces équations : champ vaste et fécond qu'il a ouvert à la sagacité de tous les géomètres. Par là, étant donnée la loi suivant laquelle une courbe doit être décrite, on suit son cours dans l'espace; on détermine ses tangentes, ses perpendiculaires, ses branches finies ou infinies, ses points d'inflexion ou de rebroussement, et en général toutes les af-

fections qui la caractérisent. Cette méthode réunit sous un même point de vue la simplicité et la généralité. Ainsi, par exemple, une même équation du second degré entre l'abscisse et l'ordonnée combinées avec des quantités constantes, peut représenter en général la nature des trois sections coniques; ensuite les valeurs et les rapports des quantités constantes restreignent l'équation à exprimer, dans les cas particuliers, une parabole, une ellipse ou une hyperbole.

On doit encore à Descartes la manière d'envisager et de construire les courbes à double courbure, en les projetant sur deux plans perpendiculaires entr'eux, sur lesquels elles forment des courbes ordinaires qui ont une abscisse et une ordonnée communes.

De tous les problèmes qu'il résout dans sa Géométrie, aucun ne lui fit autant de plaisir, comme il le dit lui-même, que sa méthode pour mener les tangentes aux lignes courbes, par où néanmoins il ne faut entendre que les courbes géométriques. Cette méthode donne les tangentes par le moyen des perpendiculaires aux points de contingence. L'auteur feint que d'un point quelconque pris sur l'axe de la courbe, on décrive un cercle lequel coupe la courbe au moins en deux points : il cherche l'équation qui exprime les lieux des intersections; il suppose ensuite que le rayon du cercle

diminue jusqu'à ce que deux intersections voisines viennent à coïncider : alors les deux rayons correspondans n'en forment qu'un seul, qui est perpendiculaire à la courbe ; et la question est réduite à former, d'après ces élémens, une équation qui contienne deux racines égales. Dans la suite, Descartes proposa une autre méthode pour les tangentes : il prend ici hors de la courbe, et sur le prolongement de son axe, un point autour duquel il fait tourner une ligne droite qui coupe la courbe au moins en deux points ; il fait coïncider les deux points d'intersection, en assujétissant, comme tout à l'heure, l'équation des intersections à contenir deux racines égales. On voit que les deux méthodes sont fondées sur le même principe ; elles sont l'une et l'autre fort ingénieuses, quoique moins simples et moins directes que celle de Fermat, et à plus forte raison que celle du calcul différentiel.

SCHOOTEN, né en 16. . mort en 1659.

La géométrie de Descartes, attaquée en France par Roberval et d'autres savans que l'auteur s'était aliénés, trouva dans les pays étrangers plusieurs illustres défenseurs. Tel fut principalement *Schooten*, professeur de mathématiques à Leyde, qui la développa et l'étendit dans un excellent commentaire, publié pour la première fois en 1649, et réimprimé deux ans après, avec des augmentations considérables. Il s'était déjà distingué dès l'année

1646, par un ouvrage intitulé : *Exercitationes Geometricæ*.

VII.

Vers le même temps fleurirent plusieurs géomètres, français ou étrangers, tous recommandables, ou par leurs propres ouvrages, ou par les découvertes auxquelles ils contribuèrent.

Je cite d'abord *Hérigone*, non comme un géomètre d'un ordre bien élevé, mais pour avoir rassemblé, dans un *Cours de Mathématiques*, latin et français, fort répandu et fort utile, toutes les parties de ces sciences, dans l'état où elles se trouvaient de son temps. Outre les connaissances générales d'arithmétique, d'algèbre, de géométrie, de mécanique, d'astronomie, de géographie, etc., Hérigone a fait entrer dans sa collection plusieurs ouvrages des anciens géomètres, tels que les *Elémens* d'Euclide, ses *Données*, son *Optique* et sa *Catoptrique*, la géométrie des *Tactions* d'Apollonius, les *Sphériques* de Théodose, etc. On loue sa manière de démontrer, nette, claire et rigoureuse.

An 1634.

Beaune était un géomètre d'un ordre supérieur. Il ne contribua pas peu à faire connaître la géométrie de Descartes, qu'il entendait parfaitement : mérite alors rare, cet ouvrage étant peu développé et même obscur en plusieurs endroits. La célèbre *Méthode inverse des tangentes* prit naissance à

BEAUNE, né en 1601, mort en 1651.

l'occasion d'un problème qu'il proposa à Descartes : c'était de *trouver une courbe telle que l'ordonnée fût à la sous-tangente, comme une ligne donnée est à la partie de l'ordonnée comprise entre la courbe et une ligne inclinée, sous un angle donné*. Descartes indiqua la construction et plusieurs propriétés de la courbe ; mais il ne put achever la solution : elle était réservée à l'analyse infinitésimale.

An 1547. *Voy.* les lett. de Descartes.

Grégoire de S. Vincent, né en 1584, mort en 1667.

Le jésuite Grégoire de *Saint-Vincent*, géomètre des Pays-Bas, se fit de la réputation dans les mathématiques, par un ouvrage où il cherchait la quadrature du cercle qu'il ne trouva pas, mais rempli d'ailleurs d'une foule de théorèmes curieux et exacts sur les propriétés du cercle, et de chacune des sections coniques ; la mesure des solides produits par la révolution des sections coniques ; celle de divers onglets à bases paraboliques, elliptiques et hyperboliques ; la sommation des progressions et des puissances de leurs termes, etc. L'ouvrage qui contient toutes ces recherches et plusieurs autres qu'il serait trop long d'indiquer, est intitulé : *Opus geometricum quadraturæ circuli et sectionum coni*, 1647. On regrette que l'auteur, après avoir établi beaucoup de vérités, finisse par une conclusion erronée.

VIII.

En Angleterre, l'arithmétique des infinis de Wallis accrut considérablement la partie de la géométrie qui a pour objet de déterminer les surfaces curvilignes, leurs centres de gravité, les solidités des corps, etc. L'auteur applique sa méthode avec le plus heureux succès à une foule de questions curieuses et difficiles de ce genre. Quadrature des courbes.

Tous ces problèmes se réduisaient dans le fond aux quadratures des courbes. Il en restait à résoudre un autre bien plus difficile pour la géométrie de ce temps-là : c'était de trouver, si cela se pouvait, une ligne droite qui fût égale en longueur au périmètre d'une courbe donnée. Rectification des courbes.

Quelques géomètres, égarés par une fausse métaphysique, avaient pensé que les lignes courbes et les lignes droites ne pouvaient avoir de mesure commune. Dès l'année 1657, Huguens combattit cette erreur, et donna quelques ouvertures pour rectifier les courbes. Son compatriote *Van-Heuraet* fit un pas de plus : il réduisit la question à des constructions géométriques, un peu embarrassantes à la vérité, mais qui enfin le conduisirent à une très-belle découverte ; il trouva que la seconde parabole cubique, où les carrés des ordonnées sont comme les cubes des abscisses, est égale à une ligne droite qu'il assigne. Cette découverte fut publiée en 1659,

à la suite d'une seconde édition du commentaire de Schooten sur la Géométrie de Descartes. Les autres paraboles ne sont pas algébriquement rectifiables; mais on peut du moins les mesurer par des méthodes d'approximation, en employant les séries ou les quadratures de certains espaces curvilignes, faciles à calculer : par exemple, la rectification de la parabole ordinaire dépend de la quadrature de l'hyperbole ou des logarithmes.

On croit ordinairement, d'après l'assertion de Wallis dans son traité *de Cissoïde,* que Guillaume Neil, son disciple, est le premier qui ait rectifié la seconde parabole cubique. Huguens soutient au contraire que le théorème de Van-Heuraet était répandu parmi les géomètres, avant que les Anglais se fussent occupés de la même question. Comme les méthodes sont différentes, il pourrait se faire que Van-Heuraet et Neil fussent arrivés au même résultat, sans avoir rien emprunté l'un de l'autre. Du reste, tous ces problèmes ne sont plus que des jeux, depuis l'invention de l'analyse infinitésimale.

Huguens, tom. 1, p. 101.

IX.

Fameux problèmes concernant la cycloïde.

La fameuse courbe, appelée indifféremment *cycloïde* ou *roulette,* dont les propriétés singulières avaient commencé, dès l'année 1630, à exercer la sagacité des géomètres, excita parmi eux de vives disputes, surtout en l'année 1658.

Pour ne pas morceler le récit que j'en dois faire, j'ai remis jusqu'ici à parler de cette courbe; je la prends maintenant à son origine, et je la suivrai sans interruption.

Tout le monde peut d'abord s'en faire une image sensible, en la regardant comme décrite en l'air, sur un plan vertical, par un style implanté horizontalement à la circonférence d'une roue de carrosse, qui roule sur le terrain. On lit dans une lettre de Torricelli à Roberval, que Galilée avoit considéré cette courbe, et qu'il avait entrepris de déterminer le rapport de sa surface à celle du cercle générateur. Il y faisait servir le poids d'une matière homogène, façonnée en cycloïde, et il trouvait que l'espace cycloïdal était tantôt un peu plus grand, tantôt un peu plus petit que le triple du cercle générateur : moyen mécanique, sujet à erreur, et nullement proposable aux géomètres. Cavalleri, invité par Galilée à chercher la véritable solution, ne put y réussir. Cette découverte est incontestablement due aux Français.

Anc. mém. de l'ac., tome VI, page 438.

Notre père Mersenne, minime, s'appliqua pendant long-temps à chercher la nature de cette courbe : il crut que c'était une demi-ellipse, et il imprima même cette erreur dans le second livre (pro. IX) de son *Traité des mouvemens*, qui fait partie du tome premier de son *Harmonie universelle* (1636). Roberval, après avoir médité pen-

Mersenne, né en 1588, mort en 1648.

dant plusieurs années sur cette question, reconnut enfin que la cycloïde était une courbe particulière, et démontra géométriquement que l'aire comprise entre la base et la courbe, est triple de celle du cercle générateur. Le père Mersenne annonça ce théorème dans un opuscule intitulé : *Nouvelles observations physiques et mathématiques*, et imprimé dans le second volume de l'*Harmonie universelle* (1637). Voici ses propres paroles, tirées de l'observation XI, où il parle de la ligne décrite par la révolution du cercle sur un plan droit : *Entre plusieurs propriétés de cette ligne, celle que le sieur de Roberval a rencontrée est fort remarquable : savoir, que l'espace compris par la ligne droite égale à la circonférence du cercle, et par la ligne courbe, est triple du cercle qui décrit la courbe.* A la suite de ce passage, on voit que Roberval avait aussi déterminé les espaces compris par les cycloïdes *allongées* ou *raccourcies*.

Page 25.

Je ne puis me dispenser de remarquer ici, par occasion, que Mersenne, sans être un grand géomètre, s'est rendu infiniment utile aux sciences, soit par son attention à recueillir les découvertes dont elles s'enrichissaient, soit par le talent singulier qu'il avait d'imaginer et de proposer de belles questions, soit enfin par l'émulation qu'il fomentait entre les plus grands géomètres de l'Europe, avec lesquels il était en correspondance.

Descartes et Fermat ayant appris de lui les énoncés des théorèmes de Roberval, les démontrèrent également chacun de son côté. En même temps, ils donnèrent des méthodes pour mener la tangente à la cycloïde. Roberval résolut aussi ce dernier problème, après quelques efforts d'abord infructueux. Toutes ces découvertes sont antérieures à l'année 1639.

En 1643, *Torricelli*, faisant imprimer le recueil de ses ouvrages, y joignit par forme d'appendix la démonstration de l'aire cycloïdale, dont il s'attribuait l'invention, et une méthode de *Viviani*, alors fort jeune, pour mener la tangente à la courbe. On ignorait ou l'on feignait d'ignorer en Italie, que toutes ces choses étaient connues en France depuis long-temps. Quoi qu'il en soit, Roberval, d'un caractère vain et bilieux, s'éleva avec emportement contre Torricelli, soutenant que les solutions italiennes étaient un plagiat; que ses méthodes avaient été envoyées à Galilée par un géomètre français, appelé *Beaugrand*, mort en 1640, et que de là elles étaient tombées, après la mort de Galilée lui-même, entre les mains de Torricelli, son disciple et l'héritier de ses papiers. Torricelli fut grièvement blessé de cette inculpation; il protesta, en présence du ciel et de la terre, que les solutions contenues dans son livre lui appartenaient, et qu'il les avait trouvées sans le secours de person-

TORRICELLI, né en 1608, mort en 1647.

VIVIANI, né en 1622, mort en 1703.

ne. Les géomètres qui les ont examinées, pensent en effet qu'elles portent un caractère d'originalité et d'invention; mais Roberval a incontestablement le droit d'antériorité. Un nouveau triomphe qu'il obtint, prouve qu'il était plus fort que le géomètre

An 1644. italien. Ayant trouvé les dimensions des solides que la cycloïde produit en tournant, soit autour de l'axe, soit autour de la base, il fit proposer ces deux problèmes à Torricelli, qui ne put réussir qu'au premier. La chaleur de ces disputes et une extrême sensibilité conduisirent Torricelli au tombeau, à la fleur de son âge.

Roberval donna encore quelque temps après une méthode pour déterminer le centre de gravité de l'aire cycloïdale, et ceux de ses deux parties comprises de chaque côté de l'axe.

Problèmes de Pascal.

La cycloïde dormit pendant plusieurs années, et même on commençait à l'oublier, lorsqu'en 1658, Pascal la ramena sur la scène, en proposant à ce sujet de nouveaux problèmes, et s'engageant à donner des prix à ceux qui les résoudraient. On avait déterminé, comme je l'ai dit, l'aire totale de la cycloïde, le centre de gravité de cette aire et de ses parties, et les solides que la courbe décrit en tournant autour de la base ou autour de l'axe : Pascal demanda, ce qui était alors beaucoup plus difficile, des mesures indéfinies, c'est-à-dire l'aire d'un segment quelconque de cycloïde, compris entre l'abs-

cisse, l'ordonnée et l'arc, le centre de gravité de ce segment, les solides et les centres de gravité des solides que ce même segment décrit en tournant autour de l'abscisse ou de l'ordonnée, soit qu'il fasse une révolution entière ou une demi-révolution, ou un quart de révolution, etc. Il demanda encore, par supplément, qu'on déterminât l'arc cycloïdal et son centre de gravité.

Tous ces problèmes excitèrent une vive fermentation parmi les plus grands géomètres du temps. Huguens carra le segment correspondant au quart de l'axe à partir du sommet de la courbe; Sluze, chanoine de Liége, mesura l'aire de la courbe par une méthode très-élégante. Wren, géomètre anglais, astronome, et architecte célèbre par la construction de l'église de Saint-Paul de Londres, détermina la longueur de l'arc cycloïdal, compris depuis le sommet jusqu'à l'ordonnée, et les surfaces des solides de révolution que cet arc produit; Fermat et Roberval, sur le simple énoncé des théorèmes de Wren, en trouvèrent les démonstrations. Mais toutes ces recherches, quoique très-belles et très-profondes, ne répondaient pas, du moins entièrement, aux conditions du programme de Pascal; aussi ne furent-elles pas envoyés au concours.

SLUZE, né en 1623, mort en 1685.

WREN, né en 1632, mort en 1723.

Wallis, et le père *Lallouère*, Jésuite de Tou-

* C'est le nom de ce jésuite, et non pas *Laloubère*, comme quelques auteurs l'écrivent.

louse, furent les seuls qui, ayant traité tous les problèmes proposés, se crurent en droit de prétendre aux prix, et envoyèrent leurs pièces au comité qui devait juger; mais, comme on sait, les prétentions ne sont pas des titres. Pascal leur démontra à l'un et à l'autre qu'ils s'étaient trompés en plusieurs points; qu'ils avaient donné de faux résultats, fondés sur des erreurs, non de calcul, mais de méthodes, et que par conséquent n'ayant pas rempli les conditions du programme, ils n'avaient aucun droit aux prix. Tout cela produisit des altercations dont j'ai rendu un compte détaillé dans mon *Discours sur la vie et les ouvrages de Pascal*. La conclusion fut que Pascal seul avait bien résolu tous ces problèmes; il publia, en 1659, ses méthodes, comme il s'y était engagé dans l'hypothèse où personne n'en donnerait de parfaitement conformes à la vérité. Il joignit à cet écrit la solution de plusieurs autres problèmes également difficiles. Sa supériorité en géométrie parmi tous ses contemporains fut bien établie.

Rectifications des cycloïdes allongées ou raccourcies.

Il n'était question dans tous ces débats que de la cycloïde ordinaire, où le mouvement progressif du cercle générateur et le mouvement de rotation d'un point de la circonférence, se font avec la même vitesse; mais lorsque ces deux vitesses ne sont pas égales, il résulte des cycloïdes allongées ou raccourcies. Descartes, Fermat et Roberval avaient

déterminé les tangentes et les aires de ces dernières courbes. La mesure de leurs longueurs formait une nouvelle question beaucoup plus difficile. Pascal la résolut avec une extrême élégance; il fit voir qu'en général la rectification de la cycloïde allongée ou accourcie, dépend de celle de l'ellipse; et il fixa l'ellipse, ou détermina ses axes pour les deux cas. Lorsque l'un des axes de l'ellipse devient nul, l'ellipse se change en une simple ligne droite, la courbe devient la cycloïde ordinaire, et Pascal conclut de sa méthode qu'alors l'arc cycloïdal est double de la corde correspondante du cercle générateur; ce qui comprend le théorème de Wren comme un cas particulier. Il tira encore de sa méthode un autre théorème très-remarquable, qui est que *si deux cycloïdes, l'une allongée, l'autre accourcie, sont telles que la base de l'une soit égale à la circonférence du cercle générateur de l'autre, ces deux cycloïdes ont des longueurs égales.*

Je passe sous silence plusieurs autres inventions géométriques de Pascal, telles que les dimensions de l'*escalier*, des *triangles cylindriques*, de la *spirale autour d'un cône*, etc. Toutes ces productions portent l'empreinte de l'un des plus grands génies que la terre ait portés pour l'avancement des sciences. Les géomètres regrettent qu'il ne leur ait pas consacré tout le temps de sa courte vie; mais on y eût perdu ces fameuses *Lettres provinciales,*

que les connaisseurs admireront dans tous les siècles, et ces *Pensées* profondes, où l'on trouve des morceaux écrits avec une éloquence comparable à celle de Bossuet.

X.

Triangle différentiel.

Barrow, né en 1630, mort en 1677.

Tangentes des courbes.

Barrow eut une idée heureuse, et qu'on peut regarder comme un acheminement vers l'analyse infinitésimale, en formant son *triangle différentiel*, pour mener les tangentes des lignes courbes. On sait que ce triangle a pour côtés l'élément de la courbe, et ceux de l'abscisse et de l'ordonnée. La méthode de Barrow n'est dans le fond que celle de Fermat, simplifiée et abrégée, en ce que Barrow traite immédiatement les trois côtés du triangle comme des quantités infiniment petites, et s'épargne par là quelques longueurs de calcul; mais elle ne porte pas encore le caractère spécial du calcul différentiel, c'est-à-dire un algorithme uniforme pour tous les cas, et l'avantage de donner par une même formule générale les tangentes de toutes sortes de courbes géométriques ou mécaniques. Aussi Barrow en est-il resté au problème des tangentes, limité même au seul cas où les équations sont algébriques et rationnelles; au lieu que le calcul différentiel opère également sur les équations radicales, et s'étend à une infinité d'autres usages, soit pour les courbes géométriques, soit pour les courbes mécaniques.

XI.

Construction géométrique des équations.

Nous avons vu que lorsque les anciens géomètres ne pouvaient déterminer immédiatement certaines lignes, comme, par exemple, les deux moyennes proportionnelles dans le problème de la duplication du cube, ils cherchaient à les construire par des intersections de lignes courbes. A cet exemple, les géomètres modernes ont appliqué d'une manière semblable, mais sous un point de vue beaucoup plus général et plus étendu, la théorie des lignes courbes à la résolution des équations déterminées de tous les degrés. Les équations des deux premiers degrés se construisent par la ligne droite et le cercle; dans les degrés supérieurs il faut d'autres moyens. Tout l'art de ces recherches consiste en général à former d'abord arbitrairement une équation appelée *auxiliaire*, laquelle contienne, outre les constantes, deux indéterminées, savoir, l'inconnue ou l'indéterminée de l'équation proposée, et une seconde indéterminée; puis à former, par la combinaison de cette équation avec la proposée, une seconde équation auxiliaire indéterminée : alors les deux équations auxiliaires représentent des courbes; et si on les combine ensemble de différentes manières, par voie d'addition ou de soustraction, on obtiendra de nouvelles équations et de nouvelles courbes; enfin, construi-

sant les deux courbes les plus simples ou les plus commodes, leurs abscisses ou leurs ordonnées communes donneront les racines de l'équation qu'il fallait résoudre. Par exemple, on parvient de cette manière à résoudre les équations du troisième et du quatrième degrés, par l'intersection d'un cercle avec une parabole. Sluze se distingua dans cette partie de la géométrie mixte, par l'extrême élégance de ses constructions.

Mesolabum, 1668.

XII.

Théorie des développées.

An 1673.

Une des plus grandes découvertes que la géométrie moderne ait faites, est la *Théorie des développées,* inventée par Huguens : elle se trouve à la fin de son *Horologium oscillatorium.* Etant donnée une courbe, Huguens forme une autre courbe, en menant à la première une suite de lignes droites perpendiculaires, qui touchent la seconde : ou bien, réciproquement étant donnée cette seconde courbe, il construit la première. De cette idée générale il déduit une foule de propositions remarquables, telles que diverses théorèmes sur les rectifications des courbes, la propriété singulière qu'a la cycloïde ordinaire de produire en se développant une cycloïde égale et semblable, posée dans une situation renversée, etc. Les usages de cette même théorie, dans toutes les parties des mathématiques, ne peuvent se nombrer. Apollo-

nius en avait donné une notion générale; mais elle était demeurée stérile; et Hugnens, qui, non content de défricher ce champ, lui a fait produire lui-même une ample moisson, aura toujours la gloire d'en avoir transmis et assuré la possession aux géomètres.

XIII.

Divers usages des séries dans la géométrie.

Les Anglais continuaient d'enrichir la géométrie de nouveautés alors très-piquantes. Le lord Brouncker avait trouvé, depuis plusieurs années, suivant le témoignage de Wallis, une suite infinie pour représenter l'espace hyperbolique compris entre l'asymptote et la courbe; il la publia enfin en 1668, dans les *Transactions philosophiques*. Nicolas *Mercator*, né dans le Holstein, fixé en Angleterre, parvint de son côté à la même découverte, et la fit paraître à la fin de l'année 1668, dans un ouvrage particulier, intitulé : *Logarithmotechnia*.

Wallis avait enseigné depuis long-temps à carrer les courbes dont les ordonnées sont des monomes; sa méthode s'appliquait également aux courbes qui ont pour ordonnées des quantités complexes élevées à des puissances entières et positives, en faisant le développement de ces puissances par les principes de la multiplication. Il voulut étendre aussi cette théorie aux courbes qui ont des ordonnées complexes élevées à des puissan-

ces fractionnaires positives ou négatives, en cherchant à *interpoler* pour ces cas de nouvelles suites aux suites de la première espèce; mais il ne put parvenir à reconnaître en général la loi qui règle les termes intermédiaires.

XIV.

NEWTON, né en 1642, mort en 1727.

La découverte de cette loi fut un des premiers pas de Newton dans la géométrie. Il parvint de cette manière à représenter les espaces circulaires, hyperboliques, etc., par des suites infinies, qu'il était ensuite facile de rendre convergentes. Bientôt après il imagina d'autres méthodes plus simples et plus commodes pour arriver au même but. Ces méthodes, aujourd'hui fort connues, consistent à développer l'ordonnée, dans les cas des puissances négatives ou fractionnaires, en suites infinies, soit par la division *continuée*, soit par la formule du binôme, *généralisée;* ce qui donne une infinité de monômes qu'on peut regarder comme les ordonnées d'autant de courbes; après quoi on peut trouver, par les méthodes de Wallis, les aires de toutes ces courbes partielles, et leur somme forme l'aire totale de la courbe qu'on voulait carrer. Je dis les *Méthodes de Wallis;* mais celles du calcul intégral sont beaucoup plus simples et plus commodes.

XV.

Vers le même temps, Jacques *Grégori*, Ecossais, se distingua par de belles découvertes de géométrie et d'optique. Ici il ne s'agit que des premières. Il publia d'abord quelques recherches de géométrie, traitées à la manière des anciens; mais en 1668, il donna ses *Exercitationes geometricæ*, dans lesquelles il applique l'analyse moderne des suites à la quadrature des courbes. C'est ainsi qu'il trouva et qu'il démontra, d'une manière nouvelle, la série de Brouncker ou de Nicolas Mercator pour l'hyperbole, et celle de Newton pour le cercle. Il avait composé sur toute cette matière un traité qui n'a pas été imprimé, mais dont on a conservé le précis. On sait, par exemple, que l'auteur donnait la tangente ou la sécante d'un arc de cercle par cet arc, et réciproquement l'arc par la tangente ou sécante; il formait des suites pour trouver immédiatement le logarithme de la tangente ou de la sécante, quand l'arc est donné; et réciproquement le logarithme de l'arc par celui de la tangente ou de la sécante; il appliquait la théorie des suites à la rectification de l'ellipse et de l'hyperbole, etc. Les sciences perdirent, à sa mort prématurée, un homme qui leur faisait honneur. Newton avait une haute opinion de ses talens.

J. Grégori, né en 1636, mort en 1675.

XVI.

Leibnits, né en 1646, mort en 1716.

Leib. op. t. III, p. 27.

On voit, par la correspondance que Leibnits entretenait alors avec les géomètres anglais, que la balance de ce savant commerce était à peu près égale. Il leur communiqua d'abord la quadrature absolue du segment cycloïdal enfermé par l'arc compris depuis le sommet jusqu'à l'extrémité de l'ordonnée correspondante au milieu de l'axe, et par la corde qui joint les points extrêmes de l'arc. Pour les quadratures qui demandent le secours des suites infinies, il imagina une méthode très-ingénieuse, fondée sur la transformation des figures. Quelle que soit l'équation rationnelle ou radicale de la courbe qu'on veut carrer, il change l'aire en celle d'une autre courbe équivalente, et telle que dans la nouvelle équation les puissances de l'ordonnée ne passent pas le premier degré, ou le second, ou le troisième : alors l'expression de l'aire se trouve ou par la division à l'infini, ou par l'extraction à l'infini de la racine carrée ou cube : et toutes les séries des géomètres anglais se tirent de la méthode de Leibnits. On lui rendait justice à cette époque; Newton, en particulier, louait beaucoup ses découvertes; dans la suite, les Anglais lui disputèrent la plus brillante, le *Calcul différentiel,* comme nous le verrons en son lieu.

CHAPITRE III.

Progrès de la Mécanique.

I.

Mécanique statique.

ON a inventé dans cette période, comme dans les deux précédentes, un grand nombre de machines très-ingénieuses; mais la théorie de la mécanique est toujours demeurée dans un état de stagnation jusqu'au seizième siècle. Stévin, mathématicien flamand, paraît être le premier qui ait fait connaître directement, et sans le secours du lévier, les lois de l'équilibre d'un corps posé sur un plan incliné. Il a examiné avec le même succès plusieurs autres questions de statique. La manière dont il détermine les conditions de l'équilibre entre plusieurs forces qui concourent en un même point, revient, quant au fond, au fameux principe du parallélogramme des forces; mais il n'en a pas senti toute la fécondité et tous les avantages.

Stévin, né en . . . mort en 1635.

II.

En 1592, Galilée composa un petit Traité de statique, qu'il réduit à ce principe unique : il faut la même quantité de force pour élever deux poids

Galilée, né en 1564, mort en 1642.

différens à des hauteurs qui leur soient réciproquement proportionnelles, c'est-à-dire, par exemple, qu'il faut la même force pour élever un fardeau de deux livres à la hauteur d'un pied, que pour élever un fardeau d'une livre à la hauteur de deux pieds. D'où il était facile de conclure que dans toutes les machines en équilibre, les puissances qui se combattent, sont réciproquement proportionnelles aux espaces qu'elles tendent à parcourir dans le même temps. La seule question est donc de bien déterminer ces espaces d'après la disposition et le jeu des pièces de la machine. Ainsi, par exemple, dans la vis ordinaire où le poids s'élève à la hauteur du pas de la vis, tandis que la puissance décrit dans le sens horizontal une circonférence de cercle, le poids est à la puissance comme cette circonférence est à la hauteur du pas de la vis. Long-temps après, Descartes employa ce même principe pour déterminer l'équilibre de toutes les machines, dans un petit ouvrage intitulé : *Explication des machines et engins*. Il aurait dû citer Galilée.

C. PERRAULT, né en 1613, mort en 1688.

Il n'entre pas dans mon plan de rapporter les applications pratiques qu'on a faites des principes de la mécanique. Cependant je ne puis m'empêcher de remarquer ici en passant que ce Claude Perrault, tant décrié par le satirique Despréaux, qui n'était pas en état de l'apprécier, ne s'est pas seulement immortalisé comme architecte, par la colon-

nade du Louvre, mais qu'il montra autant de connaissances mathématiques et physiques, que de génie dans les machines qu'il inventa pour élever les énormes pierres qui forment le fronton de cette même colonnade. Voyez-en la descriptiou dans son commentaire sur le chapitre XVIII du livre X de Vitruve.

III.

Mécanique du mouvement.

La théorie générale du mouvement varié, inconnue aux anciens, prit naissance entre les mains de Galilée. Il trouva la loi de l'accélération des corps qui tombent librement par la pesanteur, ou qui glissent sur des plans inclinés; et il établit à ce sujet les propriétés générales du mouvement uniformément accéléré. La conformité de sa théorie avec les phénomènes des mouvemens qui se font à la surface de la terre, est un des plus grands pas de la physique moderne : elle a formé le premier échelon du système de la gravitation universelle.

Loi de l'accélération des graves.

Tout le monde pouvait juger qu'une pierre tombant par la pesanteur, acquiert une vitesse d'autant plus grande, qu'elle tombe de plus haut, puisque le coup qu'elle frappe augmente avec la hauteur, ce qui ne peut venir que d'un accroissement de vitesse, la masse demeurant la même. Mais quelle est la loi de cette accélération? La pesanteur qui poursuit la pierre, agit-elle toujours de la même maniè-

re? Les impulsions successives qu'elle leur donne, sont-elles toujours égales, ou ne varient-elles point d'un instant à l'autre, et à mesure que la vitesse augmente? Voilà ce qu'on ignorait avant Galilée, et ce qu'il découvrit par une de ces considérations simples, qui peuvent entrer dans toutes les têtes, mais qui ne deviennent fécondes que dans les têtes des hommes de génie.

Raisonnement de Galilée.

La pesanteur étant une force qui presse ou pousse tous les corps sans distinction, soit lorsqu'ils sont retenus, soit lorsqu'ils tombent, Galilée pensa que cette force devait être indépendante de l'état de repos ou de mouvement; qu'elle pénétrait la masse, et qu'elle agissait d'une manière entièrement semblable sur un corps qui tombe et sur un corps en repos. D'où il conclut 1.° qu'elle donnait continuellement des coups égaux à un corps descendant; que tous ces coups se conservaient, abstraction faite de toute résistance extérieure; et que par cette accumulation, le mouvement devait s'accélérer uniformément, ou par degrés égaux; 2.° que tous les corps, quelque différentes que pussent être leurs masses et les qualités des matières dont ils étaient composés, devaient descendre avec la même vitesse, puisque la pesanteur agissait également sur toutes les particules égales de matière; et que si, par exemple, l'une des masses était centuple d'une autre, elle était poussée par une force

centuple. L'expérience a pleinement confirmé toute cette théorie, qui est une des lois fondamentales de la nature. Ajoutons cependant qu'elle n'a pas lieu en toute rigueur, comme on le verra dans la suite; mais cette approximation était très-importante. Heureusement Galilée apporta dans cet examen un esprit dégagé de tout préjugé et de toute opinion systématique sur la cause de la pesanteur; car s'il avait cru, par exemple, comme quelques-uns des philosophes qui lui ont succédé, que les coups de la pesanteur sont produits par l'impulsion d'une matière subtile ambiante, il eût manqué la vérité, les coups dont il s'agit n'étant point proportionnels aux masses des corps tombans, et allant toujours en diminuant, à mesure que la vitesse augmente.

Mesure du temps par le pendule.

Galilée fit dans le même genre une autre découverte mémorable : il observa qu'on pouvait mesurer le temps par les oscillations d'un pendule, c'est-à-dire par le mouvement vibratoire d'un petit corps, tel qu'une balle de mousquet suspendue par un fil, laquelle ayant été un peu détournée de la direction verticale, est ensuite abandonnée à l'action de la pesanteur. Le fondement de cette théorie est que la longueur du fil de suspension est proportionnelle au carré du nombre de vibrations, ou au carré du temps; de sorte que connaissant, par exemple, la longueur du fil qui fait battre les

secondes au pendule, une simple proportion fera connaître la longueur du fil qu'il faudra employer pour faire un nombre donné de vibrations; et réciproquement. Or, à la latitude de 45 degrés, la longueur du pendule qui bat les secondes, est d'environ 3 pieds 8 lignes $\frac{1}{2}$; et il résulte de là cette conséquence, qu'un corps tombant librement par la pesanteur, doit parcourir environ quinze pieds pendant la première seconde de sa chute; ce que des expériences directes ont confirmé. Cette manière de mesurer le temps est très-ingénieuse; elle a été long-temps en usage; elle l'est encore en diverses occasions; mais depuis l'invention et la perfection des horloges, on les emploie avec plus de commodité et plus d'exactitude dans la pratique.

Parmi les savans qui saisirent et commentèrent des premiers la théorie de Galilée sur la chute des graves, on doit distinguer son disciple Torricelli, qui publia, à ce sujet, en 1644, un ouvrage très-élégant, intitulé : *De Motu Gravium naturaliter accelerato*. Il ajouta plusieurs propositions fort curieuses à celles que Galilée avait données sur le mouvement des *projectiles*.

IV.

Mouvement curviligne.

Huguens considéra le mouvement des corps graves sur des courbes données. Il démontra, en général, que la vitesse d'un corps grave, qui des-

cend le long d'une courbe quelconque, est la même à chaque instant dans la direction de la tangente, que celle qu'il aurait acquise en tombant librement d'une hauteur égale à l'abscisse verticale correspondante. Ensuite, appliquant ce principe à une cycloïde renversée, dont l'axe est vertical, il trouva qu'un corps pesant, de quelqu'endroit de l'arc cycloïdal qu'il parte, arrive toujours dans le même temps au point le plus bas, ou à l'extrémité inférieure de l'arc. Cette proposition, très-remarquable, renferme ce qu'on appelle ordinairement le *tautochronisme* de la cycloïde : elle aurait suffi seule pour immortaliser l'auteur; mais il s'est placé au premier rang des géomètres, à bien d'autres titres. Un des plus brillans est sa *Théorie des forces centrales dans le cercle*, dont nous ferons connaître dans la suite l'importance.

V.

Lois de la communication des mouvemens.

Du mouvement d'un corps isolé, on passa à l'examen des mouvemens que plusieurs corps se communiquent en agissant les uns sur les autres, ou par le choc, ou par l'interposition de leviers, de cordes, etc. Le plus simple de ces problèmes était celui d'un corps qui en va choquer un autre qui est en repos, ou qui fuit devant lui avec une moindre vitesse, ou qui vient à sa rencontre. Descartes, égaré par ses principes métaphysiques,

qui l'avaient conduit à supposer qu'il existe toujours la même quantité absolue de mouvement dans le monde, conclut que la somme des mouvemens après le choc était égale à la somme des mouvemens avant le choc. Mais la proposition n'est vraie que pour les deux premiers cas : elle est fausse quand les deux corps viennent à la rencontre l'un de l'autre; car alors la somme des mouvemens après le choc est égale, non pas à la *somme*, mais à la *différence* des mouvemens avant le choc. Ainsi Descartes n'a rencontré la vérité qu'en partie. En 1661, Huguens, Wallis et Wren découvrirent chacun de leur côté, et sans s'être rien communiqué (car les preuves en ont été bien établies), les véritables lois du choc des corps. La base de leurs solutions est que, dans la percussion mutuelle de plusieurs corps, la quantité absolue de mouvement du centre de gravité est la même après qu'avant le choc. De plus, lorsque les corps sont élastiques, la vitesse respective est la même après qu'avant le choc.

VI.

Deux autres problèmes fameux et plus difficiles, concernant la communication des mouvemens, proposés par le P. Mersenne, exercèrent longtemps les géomètres. L'un consistait à déterminer le centre d'*oscillation* d'un pendule composé, et

l'autre à trouver le centre de *percussion* d'un corps, ou d'un système de corps qui tourne autour d'un axe fixe.

Problème des centres d'oscillation.

Dans le premier, on suppose que plusieurs corps pesans liés entr'eux, à des distances invariables, par des verges considérées comme non pesantes, oscillent autour d'un axe horizontal fixe : alors tous ces corps se gênent les uns les autres dans leurs mouvemens, et ne prennent pas les mêmes vitesses que si chacun d'eux oscillait séparément; les corps les plus voisins de l'axe perdent une partie de leurs mouvemens naturels, et la transmettent aux corps les plus éloignés. Il y a ainsi équilibre entre les mouvemens perdus et les mouvemens gagnés : or, de quelque manière que cet équilibre s'établisse, il existe dans le système un point tel, que si on y appliquait un petit corps isolé, suspendu par un fil, il oscillerait dans le même temps que le pendule composé; et la question était de trouver la longueur de ce fil, ou la position du petit corps, laquelle est ce qu'on nomme en d'autres termes le *centre d'oscillation* du pendule composé.

Problème du centre de percussion.

La propriété du *centre de percussion* est d'une autre nature. Ce qui caractérise ce point, est qu'il doit se trouver sur la direction de la résultante de tous les mouvemens des corps d'un système qui tourne autour d'un axe fixe, et occuper dans ce

système une place analogue à celle qu'occupe le centre de gravité dans un corps pesant. J'ai dit d'*une autre nature ;* car, quoiqu'il soit démontré que le centre d'oscillation et le centre de percussion sont situés en un même point du système, et que les deux problèmes se résolvent par les mêmes principes de mécanique, l'application de ces principes est plus simple et plus aisée dans le second cas que dans le premier ; et les deux questions sont différentes.

Descartes et Roberval, persuadés qu'elles étaient les mêmes, et trouvant plus de facilité à les considérer sous le second point de vue que sous le premier, déterminèrent le point cherché avec exactitude dans quelques cas particuliers ; mais ils se trompèrent dans plusieurs autres. Leurs méthodes, fondées d'ailleurs sur des suppositions vagues et incertaines, étaient très-précaires et très-insuffisantes.

Huguens résout en général le problème des centres d'oscillation. *Horologium oscillatorium*, en 1673.

Huguens est le premier qui ait résolu, d'une manière générale et complète, le plus important de ces problèmes, celui des centres d'oscillation. Il prit pour principe, que si, après que le centre de gravité d'un pendule composé est descendu au point le plus bas, tous les corps venaient à se détacher les uns des autres, et à remonter chacun séparément avec la vitesse qu'il a acquise, le centre de gravité du système dans cet état remonterait à la

même hauteur d'où le centre de gravité du pendule est descendu. On n'entendit pas d'abord trop bien cette solution : quelques savans en attaquèrent le principe, très-certain en lui-même, mais à la vérité un peu détourné, et par-là même ne présentant pas, du moins pour tous les esprits, une connexion bien évidente avec les lois élémentaires de la mécanique. On l'a démontré dans la suite de la manière la plus incontestable et la plus lumineuse : il est connu aujourd'hui partout sous le nom de *principe de la conservation des forces vives*. Le problème des centres d'oscillation est le premier enfant de cette nombreuse famille de *problèmes de dynamique*, si long-temps agités parmi les géomètres.

Problème des centres de percussion, d'abord mal résolu.

Quoique la recherche du centre de percussion ne présentât que de médiocres difficultés pour les géomètres versés dans la mécanique, plusieurs d'entr'eux résolurent mal ce problème, ou n'en donnèrent que des solutions incomplètes. Wallis lui-même s'y trompa dans son traité *de Motu*. Long-temps après, Jacques Bernoulli, dont j'aurai beaucoup à parler dans la suite, en donna une solution exacte et générale par le principe du levier.

Jacq. Bern. Op. pag. 9.7.

CHAPITRE IV.

Progrès de l'Hydrodynamique.

I.

Hydrostatique.

On a vu que Stevin avait un peu avancé la statique : il a donné aussi quelque mouvement à l'hydrostatique. Il fait voir que la pression d'un fluide sur le fond d'un vase est toujours comme le produit de ce fond par la hauteur du fluide, quelle que soit d'ailleurs la figure du vase; mais il ne paraît pas avoir bien senti la liaison réciproque de toutes les parties de l'hydrostatique. Le premier traité méthodique et vraiment original que les modernes aient publié sur l'hydrostatique, est celui de l'*Équilibre des liqueurs,* de Pascal. L'auteur démontre les propriétés de l'équilibre des fluides, par ce principe simple et fécond : que, lorsque deux pistons appliqués à deux ouvertures faites à un vase plein d'un fluide quelconque et fermé d'ailleurs de tous côtés, sont poussés par des forces réciproquement proportionnelles aux ouvertures, ils sont en équilibre. Il résout toutes les difficultés que certaines propositions pouvaient encore offrir : telle était, par exemple alors, le fameux paradoxe, qui

n'en est plus un aujourd'hui, qu'un filet d'eau et une colonne cylindrique pressant sous même hauteur un même fond, exercent des pressions égales.

II.

La pesanteur de l'air, ignorée des anciens, l'était encore de Galilée, même long-temps après qu'il eut trouvé la théorie de l'accélération des graves. Il y a apparence que depuis l'invention des pompes jusqu'à ce philosophe, on n'avait pas eu l'idée ou l'occasion de placer le piston dans la pompe aspirante, à une hauteur qui excédât celle de trente-deux pieds au-dessus du réservoir : autrement on aurait rencontré la difficulté qui fut proposée à Galilée par les fontainiers de Cosme de Médicis, grand-duc de Florence. Quoi qu'il en soit, on doit à une expérience tentée par ces ouvriers, la découverte, ou plus exactement la preuve sans réplique de la pesanteur de l'air. Ils avaient construit une pompe aspirante où il aurait fallu que l'eau s'élevât, sous le piston, à plus de trente-deux pieds de hauteur; et voyant qu'elle refusait de passer trente-deux pieds, ils en demandèrent la raison à Galilée. L'honneur de la philosophie ne permettait pas de demeurer court, ni même de différer la réponse. Les anciens attribuaient l'ascension de l'eau dans les pompes à l'horreur de la nature pour le vide : Galilée indiqua cette cause aux fontainiers, ajou-

Découverte de la pesanteur de l'air.

tant, par rapport au cas présent, que l'horreur de la nature pour le vide cessait quand l'eau était parvenue à la hauteur de trente-deux pieds. Cette explication fut regardée comme un oracle, et personne ne s'avisa de la contredire. Mais en y réfléchissant de plus près, et avec la bonne foi de la conscience philosophique, Galilée soupçonna que cette prétendue horreur de la nature pour le vide, et cette limite qu'il lui avait attribuée, pouvaient bien n'être que des chimères. Il n'alla pas d'ailleurs plus loin; et quoiqu'il commençât à connaître la pesanteur de l'air par des expériences d'un autre genre, il n'eut pas l'idée d'employer ici cet agent.

Torricelli, son disciple, pensa que le poids de l'eau pouvait mettre quelqu'obstacle à son élévation dans les pompes : idée simple et heureuse, incompatible avec le système de l'horreur du vide; car pourquoi le poids de l'eau aurait-il borné la force de cette horreur? Guidé par ce trait de lumière, il fit avec un instrument d'où le *baromètre* ordinaire a tiré sa forme et son origine, une expérience analogue à celle des pompes : il trouva que le mercure, dont le poids est quatorze fois aussi grand que celui de l'eau, se tenait à une hauteur quatorze fois moindre. Alors Torricelli conclut que les deux phénomènes étaient produits par la même cause; puis faisant un nouveau pas, il affirma que cette cause était la pesanteur de l'air.

Les partisans invétérés du système de l'horreur du vide opposèrent quelques doutes à l'explication de Torricelli; mais ces doutes furent entièrement dissipés par la célèbre expérience du Puy-de-Dôme, près de Clermont en Auvergne : expérience exécutée par Perrier, d'après le projet que Pascal, son beau-frère, en avait donné, et où l'on vit, pour la première fois, le mercure baisser dans le baromètre, à mesure que l'on s'élevait le long de la montagne, ou que la colonne d'air diminuait de hauteur et de poids.

III.

Le cours des eaux à la surface de la terre attira l'attention de Castelli, autre disciple de Galilée. Dans un petit traité qu'il publia sur ce sujet, en 1628, Castelli explique quelques phénomènes du mouvement des eaux dans un canal naturel ou artificiel de figure quelconque : il établit que, lorsque l'eau a pris une fois un cours régulier et permanent, les vitesses aux différentes sections faites perpendiculairement à la direction du mouvement, sont en raison inverse des surfaces de ces sections : principe vrai, et dont Castelli déduit plusieurs conséquences vraies; mais il se trompe ensuite dans la mesure absolue de la vitesse, qu'il fait proportionnelle à la pente du canal, ou à la hauteur de l'eau.

Hydraulique.

IV.

Torricelli est le premier qui ait proposé une théorie exacte dans un cas particulier du mouvement des eaux. En considérant que l'eau, au sortir d'un petit ajutage horizontal, s'élève, du moins à peu près, à la hauteur du réservoir, il pensa que sa vitesse initiale ascensionnelle devait être la même que celle d'un corps grave qui serait tombé de la hauteur du réservoir : d'où il conclut conformément à la théorie de son maître, qu'abstraction faite du frottement et de la résistance de l'air, les vitesses des écoulemens suivaient la raison soudoublée des pressions. Cette idée fut confirmée par des expériences que Raphaël Magiotti fit dans ce temps-là sur les produits de différens ajutages sous différentes charges d'eau. Torricelli publia sa découverte en 1644, dans son livre *De Motu gravium naturaliter accelerato* dont nous avons déjà parlé. Alors l'hydraulique, dans cette partie relative aux écoulemens par de petits orifices, devint une véritable science dont la pratique a retiré les avantages les plus importans. Mais dans les écoulemens par des orifices un peu grands par rapport aux sections horizontales du vase, la vitesse suit une loi beaucoup plus composée, que la géométrie au temps de Torricelli ne pouvait découvrir.

Parmi ceux qui mirent des premiers le théorè-

me de Torricelli en usage, Mariotte mérite d'être cité avec distinction. Né avec un talent rare pour imaginer et exécuter des expériences, ayant eu occasion d'en faire un grand nombre sur le mouvement des eaux à Versailles, à Chantilli et dans plusieurs autres endroits, il composa sur cette matière un traité qui n'a été imprimé qu'après sa mort. Il s'y est trompé en quelques endroits; il n'a fait qu'effleurer plusieurs questions; il n'a pas connu l'effet de la contraction de la veine fluide au sortir d'un ajutage; mais malgré ses imperfections, cet ouvrage a été fort utile, et a beaucoup contribué au progrès de l'hydraulique pratique.

Mariotte, né en . . . . mort en 1684.

CHAPITRE V.

Progrès de l'Astronomie.

I.

COPERNIC, né en 1473, mort en 1543.

L'ASTRONOMIE a fait de très-grands progrès dans cette période. Parmi les hommes supérieurs qui y ont le plus contribué, nous trouvons d'abord le fameux Copernic, chanoine de Thorn en Pologne. Quoiqu'il fût né dans le quinzième siècle, il ne put commencer à se livrer à son goût pour l'astronomie que vers l'année 1507.

Après avoir long-temps étudié et approfondi l'ancienne astronomie, principalement la théorie des planètes, il fit lui-même un grand nombre d'observations avant de proposer ses idées sur l'arrangement et le mouvement des corps célestes. On ne connaissait malheureusement alors que les instrumens décrits par Ptolemée, excepté toutefois les horloges à poids que Waltherus avait substituées aux clepsydres; les grandes lunettes n'étaient pas encore inventées. Copernic fit construire en bois un grand quart de cercle garni de pinnules, des règles parallactiques, etc. On sent qu'avec de telles machines, ses observations, quoique faites avec

beaucoup de soin, n'étaient pas susceptibles d'une bien grande précision. La véritable gloire de Copernic, celle qui l'immortalise, est d'avoir établi par ses méditations sur la nature et la cause des phénomènes célestes, les preuves certaines du double mouvement de la terre.

Système de Copernic.

Les bases de ce système n'étaient pas nouvelles; les pythagoriciens avaient transporté du soleil à la terre le mouvement de révolution annuelle dans l'écliptique; d'autres philosophes avaient attribué à la terre un mouvement de rotation, pour expliquer la succession des jours et des nuits. Par le rapprochement et la combinaison de ces deux idées, Copernic est devenu le fondateur de la véritable mécanique céleste. Il plaça donc, 1.°, le soleil au centre de notre monde planétaire, et autour de cet astre, il fit tourner d'occident en orient, suivant cet ordre de distances, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne : quant à la lune, elle continua de tourner aussi, d'occident en orient, autour de la terre, pendant que celle-ci était emportée autour du soleil. 2.° Il supposa que la terre tournait dans l'intervalle d'un jour, d'occident en orient, autour d'un axe qui demeure toujours parallèle à lui-même, et qui fait un angle d'environ 23 dégrés et demi avec l'axe de l'écliptique. De cette manière, tous les mouvemens célestes se réduisent à une extrême simplicité; mais les appa-

rences demeurent les mêmes que si la terre était en repos; car si un spectateur, qui se croit en repos, se meut réellement, il attribue ce mouvement, en sens contraire, aux objets placés sur sa route ou aux environs. En supposant donc que la terre, par son mouvement annuel, réponde au premier instant au signe du Bélier, elle répondra successivement aux signes du Taureau, des Gémeaux, etc., et au bout d'un an elle reviendra au point du départ pour commencer une seconde révolution; pendant ce temps-là, le soleil, que le spectateur terrestre rapporte continuellement à l'extrémité opposée du diamètre, paraîtra commencer son cours au signe de la Balance, et passer successivement aux signes du Scorpion, du Sagittaire, etc. De même, en vertu de la rotation journalière du globe terrestre, les étoiles, le soleil et les autres planètes paraissent tourner en vingt-quatre heures d'orient en occident. Les étoiles demeurent toujours fixes dans l'espace absolu, et conservent toujours entr'elles les mêmes configurations; mais à cause du mouvement annuel de la terre, elles paraissent se lever et se coucher un peu plus tard d'un jour à l'autre. Le même mouvement annuel de la terre, combiné avec les mouvemens des planètes, d'occident en orient, affecte aussi plus ou moins le lever et le coucher journaliers des planètes.

Les phénomènes des directions, des stations et

des rétrogradations des planètes se conçoivent avec la même facilité. Il est clair que la Terre, Mercure, Vénus, Mars, etc., tournant autour du soleil, d'occident en orient, avec différentes vitesses, et dans des orbites qui s'écartent peu d'un même plan, un spectateur placé sur la terre doit voir Mercure, Vénus, Mars, etc., tantôt marcher directement devant lui, tantôt s'arrêter, tantôt rétrograder.

II.

Ces explications faciles, simples et naturelles, attirèrent aussitôt de zélés partisans au système de Copernic : tel fut, par exemple, *Rheticus*, professeur de mathématiques à Wirtemberg, connu d'ailleurs pour avoir aidé Copernic à construire ses tables, et pour avoir introduit l'usage des sécantes dans le calcul astronomique. Mais le triomphe de la vérité n'est jamais unanime et subit, il lui faut la main du temps pour l'établir complètement; d'autres astronomes demeurèrent attachés avec opiniâtreté aux hypothèses de Ptolemée. Nous sommes fâchés de trouver dans ce nombre Pierre *Appian;* mais il a du moins expié ce tort par d'excellentes observations, surtout par celles qu'il fit de cinq comètes, depuis l'année 1531 jusqu'en 1539. Parmi ces comètes, il s'en est trouvé une qui, ayant ainsi été observée en 1532, fut reconnue la même aux années 1607, 1682 et 1759; de

P. Appian, né en 1495, mort en 1552.

sorte que sa révolution est d'environ soixante-quinze ans et demi. C'est la fameuse comète qui porte aujourd'hui le nom de *Hallei*, auteur des premiers calculs approchés qu'on a faits pour déterminer ses révolutions, comme je le remarquerai plus expressément dans la suite. Appian eut un fils nommé *Philippe*, aussi astronome, dont il reste un écrit sur la grande étoile qui parut tout à coup dans la constellation de Cassiopée, en 1572.

III.

Copernic avait composé vers l'année 1530 son fameux livre *de Revolutionibus cœlestibus*, où il expose sa doctrine : mais cet ouvrage ne parut qu'en 1543; et on rapporte que l'auteur mourut le jour même où il en reçut la dernière feuille imprimée. Il est dédié au pape *Paul III*; et cet hommage offert au chef d'une religion qui devait bientôt après condamner le livre, ne parut point alors extraordinaire.

Objection contre le mouvement annuel de la terre.

La mauvaise physique attaqua de toutes ses forces le double mouvement de la terre. D'abord on objecta contre le mouvement annuel, que dans cette hypothèse la *parallaxe du grand orbe* *,

* La parallaxe du grand orbe est en général l'angle sous lequel un observateur placé dans un astre verrait le diamètre de l'orbite terrestre.

très-marquée pour les planètes, devait aussi être sensible pour les étoiles; ce qui n'a pourtant pas lieu. Or, pourquoi cette différence? Copernic répondit qu'elle venait de ce que les distances des planètes à la terre étaient des grandeurs du même ordre que le rayon de l'orbite terrestre, au lieu que les étoiles étaient placées à des distances comme infinies par rapport au même rayon, ce qui rendait nul, ou du moins inobservable, l'angle de la parallaxe pour les étoiles. La supposition de ces énormes distances effraya d'abord l'imagination; mais, après tout, elle était plus recevable que l'horrible complication et la rapidité des mouvemens qu'il fallait dévorer dans le système de Ptolemée : aussi s'est-on accoutumé peu à peu à regarder la réponse de Copernic comme plausible, et enfin comme le vrai dénouement d'une difficulté qui n'est qu'apparente, les distances étant des quantités relatives, et n'ayant point de bornes fixes dans l'immensité de l'univers.

Objection contre le mouvement journalier de la terre.

On ne fut pas plus heureux contre le mouvement de rotation de la terre. L'objection la plus spécieuse, renouvelée dans la suite par Riccioli, homme estimable à d'autres égards, est que si la terre tourne sur elle-même, une pierre, lancée de bas en haut, ne doit pas retomber à l'endroit d'où elle est partie; ce qui est contraire à l'expérience : mais la réponse est bien facile. La pierre posée d'abord sur la surface de la terre, participe au mou-

vement horizontal qui entraîne tous les points de cette surface, et elle conserve toujours ce mouvement. D'où il suit que l'effet est le même que si le point de départ et la pierre demeuraient toujours dans une même ligne verticale immobile. Alors la pesanteur, après avoir détruit par degrés le mouvement ascensionnel de la pierre, la fera redescendre de la même manière qu'elle est montée, et la ramènera par conséquent au point de départ. Je supprime d'autres chicanes encore plus déplacées.

IV.

Les inquisiteurs, et même des savans égarés par un faux zèle religieux, n'ayant pu trouver dans l'astronomie, ni dans la mécanique, le moyen de renverser le système de Copernic, appelèrent à leur secours quelques passages de la bible, dont le sens littéral lui est contraire. Par exemple, on lit dans le livre de *Josué*, que ce général juif, combattant contre les *Gabaonites*, commanda au soleil et à la lune de s'arrêter, pour lui donner le temps de les exterminer; il dit : ***Sol contra Gabaon ne movearis, et luna contra vallem Aialon;*** l'écrivain sacré ajoute : ***Steteruntque sol et luna donec ulcisceretur gens de inimicis suis.... Stetit itaque sol in medio cœli, et non festinavit occumbere spatio unius diei.*** Les disciples de Copernic répondirent (car il était mort à cette époque), avec

Lib. Josué, cap. 10.

beaucoup de modestie et de raison, que la Bible était faite pour enseigner la religion et non pas l'astronomie aux hommes; et que Josué, quand même il eût été astronome, devait parler le langage populaire en présence de son armée, qui n'aurait pas manqué de se moquer de lui, s'il eût commandé à la terre de s'arrêter. D'ailleurs, ajoutèrent-ils, conformément à la déclaration que leur maître avait faite dans son épître dédicatoire, il s'agit, en astronomie, d'une hypothèse qui explique bien les apparences des mouvemens célestes : or, la nôtre remplit cet objet; et nous croyons, nous n'affirmons pas, que Dieu lui a donné la préférence.

V.

Les observations astronomiques acquirent, en général, au temps de Copernic, un nouveau degré d'exactitude, par la méthode que Nonius proposa pour multiplier les divisions des instrumens destinés à mesurer les angles. On se contentait auparavant de diviser la circonférence, ou plutôt le quart de circonférence, en autant de parties égales que pouvaient le permettre la nature et les dimensions de l'instrument ; mais cela n'était pas suffisant, quand il fallait mesurer de très-petits angles ou des fractions d'angles. Un artiste ingénieux, dont on ignore le nom, avait donné, vers l'année 1520, la manière de diviser une ligne droite don-

née, en un très-grand nombre de parties égales, en menant dans le carré construit sur cette ligne, des *transversales* qui partant des divisions de l'un des côtés du carré, anticipent d'une division sur celles du côté opposé *. Quelques années après, Nonius appliqua cette idée au quart de cercle, en regardant une petite portion du limbe comme un carré dont les deux côtés, dirigés au centre, étaient divisés en parties égales par des circonférences concentriques, et les deux autres par les rayons : en quoi cependant il y avait une petite erreur, les circonférences concentriques n'ayant pas des rayons rigoureusement égaux.

Division de Nonius.

Cet instrument a été employé pendant long-temps. En 1631, *Vernier*, chapelain de Dornans en Franche-Comté, en proposa un autre plus exact et plus commode, dont l'usage fut adopté, et s'est conservé parmi les astronomes. Sur le plan du limbe de l'instrument on applique un autre limbe plus petit, appelé *curseur*, porté par une alidade, et mobile avec elle autour du centre. Le limbe principal et le curseur sont gradués; et leurs graduations diffèrent d'une certaine quantité, de sorte qu'en donnant différentes positions successives au curseur, on sous-divise proportionnellement le limbe principal.

Division de Vernier.

* Cette méthode est expliquée dans plusieurs livres. *Voyez*, par exemple, ma *Géométrie*.

L'astronomie fit encore quelques autres acquisitions, qu'il serait long et inutile d'indiquer ici.

VI.

Copernic fut suivi d'un grand nombre d'astronomes, parmi lesquels il s'en trouve quelques-uns du premier ordre. Nous rencontrons d'abord Guillaume IV, landgrave de Hesse-Cassel, à qui l'astronomie doit une éternelle reconnaissance. Il excellait dans cette science. Tant que son père vécut, il en fit sa principale occupation. Il dressa un nouveau catalogue des étoiles fixes, et lui-même en calcula plus de quatre cents positions. Ayant perdu son père en 1562, il fit construire, dans sa capitale, un observatoire qu'il meubla des meilleurs instrumens, la plupart en cuivre, ce qui était alors un luxe astronomique presqu'inconnu. Il donnait aux observations tout le temps que lui laissaient les devoirs de la souveraineté. On cite encore aujourd'hui avec distinction celles qu'il fit des hauteurs solstitiales du soleil, aux années 1585 et 1587. Il s'attacha, pour l'aider dans ses travaux, plusieurs astronomes d'un rare mérite, entr'autres *Rothman*, connu par un ouvrage sur la comète de 1585, et *Just-Byrge*, dont j'ai déjà parlé, à l'occasion des logarithmes, et qui était très-versé dans la théorie et la pratique de l'astronomie.

Guillaume IV, né en 1532, mort en 1592.

VII.

TYCHO, né en 1546, mort en 1601.

Dans ce temps florissait *Tycho-Brahé*, qu'on a surnommé le *Grand Observateur*, et qui a jeté, pour ainsi dire, tous les fondemens de l'astronomie pratique moderne. Il eut la noble ambition de sacrifier à son amour pour les sciences tous les avantages qu'une naissance distinguée pouvait lui procurer dans le monde. Il n'eut pas le courage d'embrasser le système de Copernic, dont il devait connaître mieux que personne toutes les probabilités, pour ne pas dire la pleine certitude. Sans doute il craignait de se compromettre avec les prêtres fanatiques qui avaient déjà commencé à inquiéter les premiers disciples de Copernic. Quoi qu'il en soit, Tycho ne pouvant du moins adopter en entier le système de Ptolemée, que tout condamnait, il proposa une hypothèse *mixte*, qui explique les phénomènes, sans contredire les passages de la Bible que j'ai rapportés. Il priva la terre de son double mouvement; il la plaça au centre du monde, et il fit tourner autour d'elle la lune et le soleil, ce qui est conforme à Ptolemée: mais ensuite il l'abandonna, en faisant tourner Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, autour du soleil. Deux de ces planètes, Mercure et Vénus, passent, pendant une partie de leur cours, entre le soleil et la terre, et sont sujettes à des phases semblables à celles de

la lune; les orbites de Mars, de Jupiter et de Saturne enferment la terre qui se trouve placée entre le cercle de Vénus et celui de Mars. Quant aux mouvemens journaliers, ils sont les mêmes que dans l'hypothèse de Ptolemée. On voit par là que Tycho a peu simplifié l'ancien système, et qu'il laisse toujours subsister les invraisemblances attachées à la prétendue immobilité de la terre. La véritable gloire de cet astronome est fondée sur les découvertes que je vais exposer brièvement.

VIII.

On sait que le mouvement de la lune est sujet à un grand nombre d'inégalités. Il y en a quatre principales, savoir : *l'équation du centre*, *l'évection*, *la variation* et l'*équation annuelle*. Nous avons vu que la première a été découverte par Hipparque; la seconde, par Ptolemée. Tycho a découvert les deux autres.

Inégalités principales dans le mouvement de la lune.

La variation est une diminution et une augmentation alternatives de mouvemens qui dépendent de la position de la lune par rapport aux syzygies, ou à la ligne qui joint les centres du soleil, de la terre et de la lune, lorsque ces trois astres sont en conjonction ou en opposition. Tycho observa qu'en partant, par exemple, du point de la conjonction, la vitesse de la lune se ralentissait jusqu'au premier quartier; que depuis le premier

Variation.

quartier elle augmentait jusqu'à l'opposition; qu'elle diminuait dans la troisième partie de l'orbite, puis s'accélérait dans la quatrième; ainsi de suite alternativement pour les autres révolutions.

Equation annuelle.

L'équation annuelle provient d'une inégalité qui se trouve dans la durée des mois lunaires, selon les différentes saisons de l'année. On observe que les révolutions périodiques ne sont de la même durée que dans les mêmes saisons; mais que d'une saison à l'autre elles augmentent ou diminuent. Les plus longues ont lieu dans les mois de décembre et de janvier; les plus courtes, dans le mois de juin et de juillet. De là résultent, dans la théorie de la lune, trois petites équations proportionnelles à l'équation du centre du soleil: l'une, pour le mouvement de la lune dans son orbite; l'autre, pour le mouvement de son apogée; et la troisième, pour le mouvement des nœuds de l'orbite lunaire.

Autres inégalités dans le mouvement de la lune.

Outre ces quatre inégalités principales qu'on a reconnues par le secours immédiat des observations, le mouvement de la lune est sujet à plusieurs autres petites inégalités que la théorie de la gravitation universelle a fait remarquer, et qu'on est obligé aujourd'hui d'introduire dans le calcul astronomique, lorsqu'on veut qu'il représente l'état du ciel avec toute l'exactitude à laquelle il est possible d'arriver.

Tycho perfectionna encore la théorie de la lune

dans un autre élément essentiel : il détermina avec plus de soin et plus de précision qu'on ne l'avait fait, la plus grande et la plus petite inclinaisons de l'orbite lunaire par rapport au plan de l'écliptique. Il étendit la même recherche aux autres planètes.

Inclinaison de l'orbite lunaire rectifiée.

IX.

Les anciens connaissaient en gros les effets de la réfraction : tout le monde pouvait observer que, si l'on regarde le soleil lorsqu'il est à l'horizon, et ensuite lorsqu'il est au méridien, sa clarté est beaucoup moins vive dans le premier cas que dans le second. La raison en est que la terre, étant environnée d'un air grossier qui s'étend à plusieurs lieues au-dessus de sa surface, les rayons solaires venant de l'horizon traversent un plus grand espace dans l'atmosphère, et souffrent par conséquent une plus grande résistance, une plus grande dispersion, que les rayons venant du soleil lorsqu'il est arrivé au méridien. Cette différence aurait dû faire soupçonner aux anciens que la réfraction opérait quelque changement dans la position apparente des astres au-dessus de l'horizon; mais on ne voit pas qu'ils y aient eu égard. Tycho a le premier senti la nécessité, et montré l'exemple d'introduire cet élément important dans le calcul astronomique; mais comme les lois de la réfraction n'étaient pas en-

Tycho introduit l'effet des réfractions dans le calcul astronomique.

core connues de son temps, il n'a pu donner que des résultats généraux et insuffisans. Il croyait que la réfraction élève le soleil, à l'horizon, de 34 minutes, et cesse à 45 degrés; qu'elle élève les étoiles, à l'horizon, de 20 minutes, et cesse à 20 degrés, etc. La vérité est qu'en général l'effet de la réfraction s'étend, en diminuant, depuis l'horizon jusqu'au zénith.

Astronomie des comètes.

On doit au même astronome les élémens de la théorie des comètes. L'opinion qu'elles ne sont que de simples météores, n'était pas détruite, malgré les judicieuses réflexions de Sénèque, que j'ai rapportées. Tycho acheva de démontrer que les comètes forment des corps solides comme les planètes, et soumis aux mêmes mouvemens autour du soleil. Il observa un grand nombre de comètes auxquelles il reconnut ce caractère de ressemblance, ce qui devait naturellement faire disparaître les prérogatives merveilleuses qu'on leur attribuait. Mais son autorité et ses raisonnemens n'empêchèrent point qu'on ne regardât encore pendant long-temps les comètes comme les avant-coureurs de grands événemens, tant les erreurs où il entre des superstitions religieuses enchaînent fortement la malheureuse espèce humaine!

Apparition d'une grande étoile.

La grande étoile, qui parut subitement en 1572, dans la constellation de Cassiopée, attira l'attention de tous les astronomes; et Tycho nous a transmis

l'histoire de ce merveilleux événement céleste. On l'aperçut pour la première fois, et en même temps le 7 novembre à Wittemberg et à Augsbourg. Le mauvais temps empêcha Tycho de l'observer avant le 11 novembre; alors il la trouva presqu'aussi éclatante que Vénus stationnaire; elle resta ainsi pendant quelques semaines; ensuite elle alla toujours en diminuant de grandeur par degrés : on la vit pendant dix-sept mois, au bout desquels, c'est-à-dire, au mois de mars 1574, elle disparut entièrement. Selon toutes les apparences, si on avait eu alors le secours du télescope, elle aurait été plus long-temps visible. Tycho observa très-exactement les périodes de grandeur par où elle passa pendant son apparition. Il suivit, avec la même attention, les singuliers changemens de couleur qu'elle éprouva. D'abord elle fut d'un blanc éclatant; ensuite elle devint d'un jaune rougeâtre comme Mars, Aldébaran, l'épaule droite d'Orion; elle passa à un blanc plombé comme celui de Saturne, et elle resta ainsi jusqu'à sa disparition; elle scintillait comme les étoiles ordinaires, etc.

On a remarqué en plusieurs autres occasions de semblables phénomènes. Les anciens poëtes, et Ovide en particulier, rapportent qu'une étoile des Pléyades s'était obscurcie. Pline raconte, comme nous l'avons déjà dit, qu'Hipparque entreprit le dénombrement des étoiles, à l'occasion d'une nou-

Fast. lib. IV.

velle étoile qui parut de son temps. Plus près du nôtre, aux années 945 et 1264, on vit, dit-on, une nouvelle étoile dans la même place du ciel. En 1600, on aperçut pour la première fois une étoile placée dans la poitrine du Cygne, laquelle paraît et disparaît successivement; elle était, en 1616, de la troisième grandeur; elle diminua ensuite pendant quelques années, après quoi elle disparut. On la revit en 1655; elle disparut encore pour reparaître en 1665, etc. Il y a dans le cou de la Baleine une étoile qui change périodiquement de grandeur, et qui paraît et disparaît par intervalles réglés. Il serait inutile de rapporter ici un plus grand nombre de ces faits extraordinaires. J'indiquerai dans la suite les raisons que les astronomes ont imaginées pour tâcher de les expliquer.

X.

Observatoire d'Uranibourg.

Tycho n'aurait pu suffire seul à tant de recherches; il s'associa un grand nombre de disciples ou de collaborateurs, dont quelques-uns se firent eux-mêmes un grand nom. Il fit construire dans l'île de *Huène*, située dans la mer Baltique, vers le détroit du Sund, un fameux observatoire, ou plutôt une petite ville astronomique, qu'il appela *Uranibourg*, dénomination tirée du grec et de l'allemand, qui signifie *ville du ciel*; elle fut achevée en l'an 1580. Là, pendant l'espace de vingt ans, ou

fit des observations innombrables sur tous les phénomènes célestes ; on calcula de nouvelles tables du mouvement des planètes ; on régénéra, pour ainsi dire, l'astronomie dans toutes ses parties. Tycho n'épargna aucune dépense pour se procurer les instrumens les plus grands et les plus parfaits qui fussent possibles à cette époque ; presque tous étaient en cuivre : on en peut voir la description dans un de ses ouvrages, intitulé *Astronomiæ instauratæ mechanica,* et publié à Nuremberg en 1602 ; elle se trouve aussi, et même avec des figures mieux gravées, dans le volume de l'académie des sciences de Paris pour l'année 1763.

Cet établissement, dont la réputation est immortelle, fut détruit de fond en comble, en 1600, par la fureur des guerres ; et lorsqu'en 1671, l'académie des sciences de Paris envoya l'abbé Picard pour y faire des observations, il eut bien de la peine à en reconnaître les vestiges.

XI.

Réforme du calendrier.

Avant de parler des disciples, ou des successeurs de Tycho, je dirai quelque chose de la réforme du calendrier, qui se fit en l'année 1582.

Il y avait dans le système du calendrier, adopté par le concile de Nicée, deux petites erreurs astronomiques, dont les effets accumulés dans une longue suite de siècles étaient devenus très-considé-

rables : l'une que la durée de l'année solaire était de 365 jours 6 heures, l'autre que 235 lunaisons composent juste 19 années solaires. La première supposition pèche par excès d'environ onze minutes, et il en était résulté que l'équinoxe du printemps, qui tombait au 21 mars en l'année 325, tombait au 11 mars en l'année 1582. La seconde pèche par défaut, et vers le milieu du seizième siècle, les nouvelles lunes indiquées par le calendrier nouveau, précédaient de quatre jours les véritables nouvelles lunes données par les observations.

On connaissait depuis long-temps les vices du calendrier, et on avait tâché plusieurs fois, mais toujours inutilement, de les corriger. Les grands progrès de l'astronomie au seizième siècle firent espérer un plus heureux succès à Grégoire XIII, jaloux d'ailleurs d'illustrer son pontificat par une réforme éclatante et nécessaire, où ses prédécesseurs avaient échoué. En conséquence, il engagea solennellement tous les astronomes des pays chrétiens à proposer leurs vues sur les moyens de rectifier le calendrier, et de lui donner une forme exacte et permanente.

Cette invitation fit éclore une multitude de projets, parmi lesquels celui d'un astronome véronais, nommé *Aloisius Lilius*, obtint la préférence, et fut consacré par une bulle donnée au mois de

mars 1582. Il est un peu compliqué, et pour en prendre une parfaite connaissance, il faut recourir aux ouvrages qui en traitent expressément. Je me bornerai donc ici à quelques remarques générales.

On statua 1.° qu'en l'année 1582, on passerait immédiatement du 4 octobre au 15, ou qu'on réduirait ce mois à vingt jours seulement, afin qu'en l'année suivante 1583 l'équinoxe tombât au 21 mars. 2.° Pour empêcher à l'avenir le retour de l'anticipation des équinoxes, tant à cause des onze minutes surabondantes dans l'année julienne, que de la précession des équinoxes, dont on commençait alors à connaître assez exactement la quantité, on régla que de quatre années séculaires qui devaient être bissextiles suivant le calendrier julien, il n'y en aurait à l'avenir qu'une seule qui fût telle, et que les trois autres seraient communes; qu'ainsi, par exemple, des quatre années séculaires 1600, 1700, 1800, 1900, la première seule serait bissextile. 3.° Par rapport à la lune, dont le mouvement faisait ici la partie la plus embarrassante du problème, Lilius substitua aux nombres d'or du cycle métonien, les *épactes,* c'est-à-dire les nombres qui expriment l'âge de la lune au commencement de chaque année, ou l'excès de l'année solaire sur l'année lunaire. Cet arrangement qui permettait facilement d'ajouter ou de soustraire certains jours, à des époques déterminées, avait l'avantage

d'accorder les mouvemens de la lune et du soleil, mieux que ne faisait le cycle métonien pur. Les jours de l'année étaient précédés de lettres indicatives des petits calculs qu'il fallait faire pour trouver à chaque moment l'âge de la lune, et pour régler la fête de Pâques et les autres fêtes mobiles.

Ce nouveau calendrier fut reçu et adopté avec un applaudissement universel dans les pays catholiques. Il n'eut pas le même succès parmi les protestans, qui gardèrent le calendrier julien, quant au mouvement du soleil, et qui employèrent d'ailleurs le calcul astronomique pour fixer la Pâque. Cependant comme la forme pratique du calendrier grégorien est à la portée de tout le monde, les protestans d'Allemagne ont fini par l'adopter en 1700, et les Anglais ont fait la même chose en 1752. Il est également en usage chez les autres peuples du nord, excepté chez les Russes.

Je n'ajouterai plus qu'un mot. La commodité d'un calendrier quelconque n'est pas une raison suffisante de le conserver ou de l'adopter; la condition essentielle est qu'il soit parfaitement exact: or, de quelque manière qu'on s'y prenne, on n'arrivera jamais à ce but. Heureusement les calendriers ordinaires sont fort inutiles depuis que les plus célèbres académies de l'Europe ont commencé à publier des éphémérides, dont j'ai déjà eu occasion

de faire connaître les avantages, en parlant des anciens cycles.

XII.

Képler, plus jeune que Tycho de vingt-cinq ans, fut son disciple pendant quelque temps; mais bientôt il surpassa son maître, sinon par son savoir, au moins par le génie et par ces immortelles lois sur lesquelles toute l'astronomie physique est fondée aujourd'hui. Un extrait ou même une simple énonciation de ses principaux ouvrages me mènerait trop loin; je m'arrêterai seulement à ses principales découvertes. KÉPLER, né en 1571, mort en 1631.

D'abord il adopta les hypothèses de Copernic sur le mouvement de la terre, en y faisant néanmoins quelques changemens ou additions, par où l'on explique les phénomènes avec encore plus de facilité et plus d'exactitude. Copernic avait disposé autour du soleil les cercles excentriques des autres planètes, sur la circonférence desquels il faisait mouvoir le centre d'un épicycle dont la planète parcourait la circonférence par un mouvement périodique. Cet épicycle avait pour diamètre l'excentricité que Ptolemée attribuait à l'orbite de la planète. Képler convertit cette supposition en une autre plus simple; il substitua aux excentriques et aux épicycles, des ellipses, qui rendent raison des apparences, d'une manière plus conforme aux observations.

L'ancienne opinion, conservée par Copernic, que les planètes décrivent de véritables cercles, fut un premier objet d'examen pour Képler. En comparant les nombreuses observations qu'il avait faites en particulier sur les mouvemens de Mars, avec celles de Tycho qu'il avait aidé dans ce même travail, il s'assura qu'on ne pouvait pas expliquer tous ces mouvemens par la supposition d'une orbite circulaire; il essaya inutilement plusieurs autres orbites; enfin il trouva que l'ellipse ordinaire, en plaçant le soleil à l'un de ses foyers, satisfaisait aux résultats de ses calculs. Le même succès eut lieu pour d'autres planètes : d'où Képler conclut que les planètes décrivaient des ellipses dont le soleil occupe l'un des foyers; premier pas vers la grande découverte de ces fameuses lois qui l'ont immortalisé. Ensuite ayant déterminé les dimensions et la position de l'ellipse de Mars, et comparant ensemble les temps qu'à partir de l'une des extrémités de la ligne des absides, ou du grand axe de l'ellipse, cette planète employait à faire une révolution entière et une partie quelconque de révolution, Képler trouva que ces deux temps étaient toujours entr'eux comme l'aire entière de l'ellipse et l'aire du secteur compris entre l'arc décrit par la planète et les deux rayons vecteurs menés au soleil. La même proportion fut vérifiée pour toutes les autres planètes. Dans la suite on reconnut qu'elle avait

Lois de Képler.

également lieu pour les mouvemens des satellites à l'égard de leurs planètes principales ; elle est donc devenue une base fondamentale de l'astronomie physique. On l'appelle ordinairement la *première loi de Képler*, ou *la loi de la proportionalité des aires aux temps*. Première loi.

Cette importante découverte en amena une autre non moins remarquable. Képler soupçonnait qu'il existait un rapport entre les temps des révolutions des planètes et les dimensions de leurs ellipses, entreprit de le trouver : nouveaux calculs dont on se représentera toute l'étendue, si l'on songe que Képler opérait, pour ainsi dire, à tâtons ; mais il était conduit par le génie, et il réussit dans sa recherche. Le résultat de toutes ses combinaisons numériques fut que *les carrés des temps des révolutions entières de deux planètes autour du soleil étaient entr'eux, comme les cubes des grands axes des deux ellipses que ces planètes décrivent, ou comme les cubes des moyennes distances de ces mêmes planètes au soleil* : autre proportion fondamentale, vérifiée pour toutes les planètes principales, relativement au soleil, et pour les satellites, relativement à leurs planètes principales. On l'appelle la *seconde loi* de Képler, ou *la loi des temps comparativement aux moyennes distances*. Seconde loi.

Ceux qui voudront connaître et suivre la nais-

sance et les progrès des idées de Képler sur cette matière, consulteront son ouvrage intitulé : *Astronomia nova.... celestis tradita cum commentariis de motibus stellæ Martis* (1609). On y remarquera une imagination vive, féconde en ressources, et dans quelques endroits une espèce d'enthousiasme poétique, excité par la grandeur et l'intérêt du sujet.

Ces deux fameuses lois, qui servent de base à tous les calculs astronomiques du mouvement des planètes, sont les grands titres de gloire de Képler. Ajoutons cependant que le mouvement elliptique n'a pas lieu en toute rigueur, et que par conséquent les lois de Képler doivent être un peu modifiées, comme on le verra dans la suite.

Nous aurons occasion de citer encore plusieurs fois Képler.

XIII.

Avantages que l'astronomie retira de l'invention du télescope.

L'invention du télescope, qui se fit en Hollande, au commencement du dix-septième siècle, et dont je parlerai plus expressément dans le chapitre de l'optique, donna, pour ainsi dire, un nouveau sens aux astronomes, et leur procura le double avantage de mettre plus de précision dans les observations, et de découvrir, dans les espaces célestes, une infinité d'objets qui échappaient à la vue simple, à travers les pinnules de leurs alidades. Ga-

lilée est un des premiers qui aient mis ce moyen en usage.

Travaux astronomiques de Galilée.

Sur la description sommaire du télescope, qui lui fut envoyée d'Allemagne, il parvint à en construire un qui grossissait trente fois le diamètre des objets, et avec lequel il fit une multitude de nouvelles observations très-intéressantes.

Taches de la lune.

D'abord, en promenant l'instrument sur le disque de la lune, il y aperçut diverses inégalités; des parties saillantes éclairées comme des pointes de rocher; des parties obscures qu'il jugea devoir être enfoncées comme des vallées, des lacs, des rivières, etc. De là il conclut que la lune était un corps opaque, semblable à la terre, réfléchissant plus ou moins la lumière du soleil à raison des aspérités et des matières qui couvrent sa surface. Il découvrit, par le même moyen, un nombre immense de petites étoiles qu'on ne pouvait apercevoir à la vue simple.

Satellites de Jupiter.

Bientôt après, d'autres phénomènes encore plus curieux se présentèrent à lui. Le 8 janvier 1610, il aperçut auprès de Jupiter trois petits astres, deux d'un même côté, le troisième du côté opposé; il les prit d'abord pour des étoiles; mais ayant continué à les observer le lendemain et les jours suivans, il reconnut qu'ils changeaient de places, qu'ils avaient des mouvemens autour de Jupiter, et enfin il s'assura que c'étaient des satellites de cette pla-

nète, comme la lune est le satellite de la terre. Quelque temps après, il trouva encore un satellite à Jupiter. Il appela ces quatre satellites, les *Astres de Médicis,* en reconnaissance des marques d'estime et de considération qu'il recevait de l'illustre maison de Médicis; mais cette dénomination ne fut pas de longue durée, et le simple nom de *satellites de Jupiter* a prévalu. Il publia ces découvertes au mois de mars suivant, dans un écrit intitulé : *Nuncius Sydereus;* il se forma même une petite théorie sur le mouvement de ces nouveaux astres; et il entreprit, au commencement de l'année 1613, de prédire leurs configurations pour deux mois consécutifs.

Anneau de Saturne.

Saturne lui causa un nouvel étonnement et un nouveau plaisir. D'après quelques observations imparfaites, Galilée avait d'abord cru, comme il le raconte lui-même dans une lettre écrite le 13 novembre 1610, à Julien de Médicis, que *Saturne n'était pas un astre simple, mais un composé de trois étoiles qui se touchent presque, et sont immobiles entr'elles, disposées de manière que celle du milieu est plus grande que celles qui sont à ses deux côtés;* mais il ne fut pas longtemps à s'apercevoir que ces trois étoiles prétendues étaient sujettes à des variations, que les deux des extrémités diminuaient de grandeur, et qu'enfin elles disparaissaient, en sorte que vers la fin de no-

vembre 1612, il ne voyait plus que l'étoile du milieu, qui est le globe de Saturne. Son télescope n'avait pas assez de force pour lui en apprendre davantage. Le temps n'était pas encore arrivé de reconnaître que les deux apparences latérales étaient les anses d'un anneau qui environne Saturne, et qui, étant sujet à un mouvement de révolution, fait paraître et disparaître les anses, selon les différentes positions qu'il prend.

Phases de Venus.

Copernic avait deviné que Vénus devait éprouver des phases semblables à celles de la lune, et il avait prédit qu'un jour on les reconnaîtrait : Galilée vérifia la prédiction avec le secours du télescope.

Taches du soleil.

La découverte des taches du soleil fut un autre bienfait du même instrument. Galilée observa que la surface de cet astre était parsemée d'espèces de plaques noires, inégalement distribuées, plus ou moins grandes, qui paraissaient et disparaissaient.

XIV.

Prétentions de quelques astronomes.

Tant de nouveautés brillantes ne pouvaient manquer d'exciter la jalousie ou les prétentions de quelques astronomes qui se crurent en droit de les revendiquer ou du moins d'en partager la gloire.

Simon *Marius*, mathématicien et astronome de l'électeur de Brandebourg, s'attribua la première découverte des satellites de Jupiter, dans

un ouvrage publié en 1614, sous ce titre : *Nuncius Jovialis anno* 1609, *detectus, etc.*; mais il n'existe aucune preuve qu'il ait en effet vu, en 1609, les satellites de Jupiter; d'ailleurs, les tables qu'il donne pour calculer leurs mouvemens sont défectueuses en tous points. Il n'est pas mieux fondé lorsqu'il affirme qu'il a observé le premier les taches du soleil; mais sur cette fameuse question, deux autres rivaux de Galilée s'annoncent avec de meilleurs titres.

L'un est Jean *Fabricius*, dont il existe un ouvrage intitulé : *De maculis in sole visis et eorum revolutione cum sole*, imprimé sous la date du mois de juin 1611. Si cette date est exacte, on ne peut pas nier que Fabricius n'ait en effet connu le premier les taches du soleil et la révolution de cet astre autour de son axe.

SCHEINER, né en 1575, mort en 1650.

Le second prétendant à la même découverte est le P. *Scheiner*, jésuite, long-temps professeur de mathématiques à Ingolstadt, à Gratz et à Rome. Il raconte, dans une lettre adressée le 12 novembre 1611, à *Velso*, sénateur d'Ausbourg, que sept à huit mois auparavant, regardant le soleil au travers d'un télescope, il aperçut sur son disque quelques taches noirâtres; que d'abord il y fit peu d'attention, mais qu'ensuite il reconnut qu'elles avaient un mouvement progressif sur le soleil, et qu'enfin elles disparurent entièrement au mois d'octobre.

Velso rendit compte de cette observation à Galilée, et on juge par sa lettre, qui est des premiers jours de l'année 1612, qu'on était persuadé en Allemagne que Galilée avait déjà vu les mêmes choses, ce qui tend à lui donner la priorité de date. Galilée répondit qu'en effet elles ne lui étaient pas nouvelles. Ajoutons que ses idées sur la nature des taches solaires étaient plus justes que celles de Scheiner. En effet, ce dernier les prenait pour de petites planètes qui tournaient autour du soleil, et qui, après s'être accrochées et amassées ensemble, venaient ensuite à se séparer; au lieu que Galilée soutenait qu'elles étaient adhérentes à la surface du soleil, et que leurs apparitions et disparations avaient pour cause la rotation du soleil autour de lui-même, ce que les observations modernes ont confirmé.

Du reste, le P. Scheiner est un savant recommandable à plusieurs égards. On lui doit de très-bons ouvrages sur l'optique et sur la gnomonique; il continua d'observer les taches du soleil, et il contribua alors plus que personne à faire connaître leurs mouvemens apparens. Il est l'inventeur du *pantographe*, ou de cet instrument par lequel on copie un dessin du grand au petit, ou du petit au grand, sans savoir même le dessin.

Je ne puis m'empêcher de remarquer ici en passant un assez plaisant trait de la tyrannie avec

laquelle le péripatétisme régnait alors dans les écoles. Le P. Scheiner ayant fait part de son observation des taches du soleil au P. Provincial, celui-ci lui dit : *Mon fils, cela ne peut pas être : j'ai lu deux fois Aristote tout entier et je n'y ai rien trouvé de semblable.*

XV.

Galilée prouve le système de Copernic.

Le système de Copernic, déjà si vraisemblable, acquit, par les observations et les raisonnemens de Galilée, une probabilité presqu'équivalente à une démonstration. Quoique la plupart des objections qu'on faisait contre ce système fussent assez frivoles, elles éblouissaient quelques esprits, et il fallait les détruire par des raisons si claires et si simples, qu'elles ne laissassent aucune porte aux subterfuges. Par exemple, avant Galilée, on disait que la terre, ayant un satellite, qui est la lune, on ne devait pas supposer qu'elle fût elle-même un satellite ou qu'elle tournât autour du soleil. Galilée, après avoir découvert les satellites de Jupiter, répondit victorieusement que cela n'empêchait pas que Jupiter ne tournât autour du soleil, suivant les observations et les calculs de Tycho, et que par conséquent il en pouvait bien être de même à l'égard de la terre. Il ajouta que la lune, étant un corps semblable à la terre, il n'y avait aucune raison de penser que ces deux corps ne pouvaient pas

avoir des mouvemens semblables dans les espaces célestes. Mais la probabilité la plus forte, et sur laquelle Galilée insistait le plus, en faveur du système de Copernic, était l'explication simple et naturelle qu'il donne des stations, directions et rétrogradations des planètes, tandis qu'à cet égard le système de Ptolemée, et même celui de Tycho, présentent une complication de mouvemens qu'il est comme impossible de concilier avec les lois de la mécanique et de la saine physique.

Par toutes ces considérations, Galilée eut le courage, dès l'année 1615, de professer ouvertement le système de Copernic. Mais ce courage lui attira l'animadversion du *Saint-Office*, et il fut obligé de se rétracter pour éviter la prison. Vingt ans après, croyant la vérité plus mûre, il se déclara de nouveau, quoique d'une manière un peu enveloppée, pour ce système sans lequel il voyait clairement que l'astronomie physique ne pouvait subsister. L'inquisition, qui l'épiait, ne garda plus de ménagement; Galilée fut obligé de comparaître à son tribunal, et condamné à passer le reste de ses jours dans un cachot; quelques auteurs prétendent que la sentence fut adoucie, et qu'il fut seulement tenu prisonnier dans la maison de l'ambassadeur de France. Un an après, on lui rendit la liberté, mais sous la condition qu'il ne récidiverait plus, et qu'il ne quitterait point le territoire de Florence, où il

demeura en effet jusqu'à sa mort, sous la surveillance de l'inquisition : trop fameux exemple des crimes innombrables qu'un tribunal absurde et fanatique a commis contre la raison humaine, et qu'il a enfin expiés de nos jours dans l'ignominie.

Tentatives pour découvrir la parallaxe des étoiles fixes.

Malgré l'inquisition, le système de Copernic, défendu par un homme tel que Gallilée, prit dès-lors une consistance, une faveur, que toutes les observations postérieures ont confirmées. Néanmoins, il s'élevait encore de temps en temps des doutes sur la solidité de la réponse que Copernic avait faite, et que Galilée fit également à l'objection tirée de la nullité, au moins apparente, de la parallaxe du grand orbe, relativement aux étoiles fixes. Des hommes instruits d'ailleurs avaient de la peine à concevoir l'énorme éloignement qu'il fallait attribuer aux étoiles fixes pour faire disparaître cette parallaxe, quoiqu'elle fût très-réelle dans l'hypothèse du mouvement annuel de la terre. C'en était assez pour exciter les astronomes munis du télescope, à faire les derniers efforts pour la découvrir. Les uns crurent en effet la reconnaître, et la firent de 3 ou 4 secondes ; les autres la nièrent absolument. De nouvelles observations, faites avec les plus excellens instrumens qui eussent encore été employés, changèrent l'état de la question ; on trouva que les étoiles étaient affectées de petits mouvemens, la plupart contraires à ceux qui de-

vaient résulter de la parallaxe. La conclusion certaine de toutes ces incertitudes fut qu'il fallait s'en tenir à la réponse de Copernic et de Galilée. On verra dans la suite la véritable cause de cette *aberration apparente* des étoiles fixes, et la nouvelle démonstration qu'elle fournit du mouvement de la terre.

XVI.

Travaux de plusieurs astronomes dans la première moitié du dix-septième siècle

Les étoiles étant les signaux auxquels on rapporte tous les mouvemens planétaires, la connaissance de leur nombre et de leurs positions respectives forme un objet fondamental dans l'astronomie. *Bayer*, astronome d'Ausbourg, rendit donc un service important, lorsqu'en 1603, il publia son ouvrage intitulé *Uranometria*, lequel contient une description détaillée des constellations, en plusieurs planches, avec leur explication, et le catalogue des étoiles dont elles sont composées. Chaque étoile y est désignée par une lettre grecque ou latine ; dénomination qui a été adoptée comme très-simple et très-commode.

Uranometria.

Longomontanus, né en 1562, mort en 1647.

Longomontanus, astronome danois, disciple de Tycho, fit de très-bonnes observations; nous avons de lui des *tables* du mouvement des planètes, et un traité d'astronomie intitulé : *Astronomia danica*, 1609, destiné spécialement à l'instruction de ses compatriotes.

Il n'avait pas des idées bien arrêtées sur l'arrangement de notre monde planétaire; il paraissait flotter entre Ptolemée, Copernic et Tycho : cependant on aperçoit qu'il penchait pour Tycho, avec des restrictions; il attribuait, comme son maître, le mouvement annuel au soleil; mais, pour expliquer les vicissitudes des jours et des nuits, il faisait tourner, comme Copernic, la terre sur elle-même, en vingt-quatre heures, d'occident en orient; il pensait que le mouvement journalier de toute la sphère céleste produirait par sa rapidité une force centrifuge, capable de disperser les planètes et les étoiles dans les espaces célestes, si ces astres étaient libres; et que pour empêcher un tel effet, il faudrait que les cieux formassent une masse solide : ce qui répugne à la saine physique. Sans doute quelque terreur religieuse empêcha Longomontanus d'admettre le mouvement annuel de la terre, qui est aussi bien prouvé que le mouvement de rotation.

Système mixte.

XVII.

Passages de Mercure et de Vénus sur le soleil.

Lorsqu'on eut reconnu que Mercure et Vénus tournaient autour du soleil, que de plus ces deux planètes en étaient plus voisines que la terre, et qu'enfin leurs orbites s'écartaient peu du plan de l'écliptique; on dut naturellement penser qu'elles passaient de temps en temps entre le soleil et la terre,

comme la lune dans les éclipses de soleil ; mais cela ne pouvait pas s'apercevoir à la vue simple : le télescope rendit la chose sensible. Képler ayant trouvé, d'après ses nouvelles *tables* des planètes, que Mercure et Vénus devaient passer sur le soleil en 1631, en donna avis aux astronomes, dès l'année 1629, dans un écrit intitulé : *Joh. Kepleri Admonitio ad astronomos rerum que cœlestium studiosos, de miris variisque anni 1631 phœnomenis, Veneris puta et Mercurii in Solem incursu.* Le passage de Mercure était indiqué pour le 7 novembre 1631, et celui de Vénus pour le 6 décembre suivant.

GASSENDI, né en 1592, mort en 1655.

Gassendi, alors professeur de mathématiques au Collége de France, observa le passage de Mercure sur le soleil, précisément comme Képler l'avait avancé ; mais il n'eut pas le même bonheur pour Vénus, et, en effet, une légère erreur dans les tables de Képler avait donné un faux résultat pour cette dernière planète. L'observation que Gassendi fit de Mercure est remarquable comme la première de cette espèce ; il la publia, en 1632, dans un écrit intitulé : *Mercurius in Sole visus, et Venus non invisa, anno 1631.* Il fit encore d'autres observations astronomiques ; il défendit le système de Copernic, mais avec la réserve d'un prêtre doux et timide, qui ne voulait pas se compromettre avec ses confrères.

Horoccius, né en 1619, mort en 1641.

En 1639, Horoccius, jeune astronome anglais, plein de sagacité, observa un passage de Vénus sur le soleil, et cette observation est aussi la première qu'on ait faite de ce phénomène. Il fut conduit à la vérité par de mauvaises *tables* de *Langsberge*, qui heureusement péchaient dans un sens favorable en cette occasion. Pendant une très-courte vie, Horoccius fit encore d'autres excellentes recherches sur les mouvemens célestes, suivant une nouvelle hypothèse, des *tables* de la lune, que Flamstéed acheva dans la suite.

Le passage de Mercure et de Vénus sur le soleil, principalement ceux de Vénus, sont fort rares. On ne pensait alors qu'à l'avantage qu'ils ont de faire connaître avec beaucoup d'exactitude les inclinaisons des orbites de Mercure et de Vénus par rapport à l'écliptique, et les positions des nœuds de ces orbites. Nous verrons dans la suite que le passage de Vénus sur le soleil fournit une méthode très-simple et très-exacte de déterminer la parallaxe du soleil, et par conséquent la distance de cet astre à la terre.

XVIII.

Problème des longitudes en mer.

Un fameux problème d'astronomie, relatif à la navigation, fut agité avec chaleur vers le commencement du dix-septième siècle.

On sait que la position d'un vaisseau flottant à la

mer, se connaît, comme celle des objets terrestres, par la latitude et la longitude. Toute la sûreté, tout le succès de la navigation, dépendent essentiellement de cette connaissance. La latitude est facile à déterminer par l'observation immédiate de la hauteur des astres. La grande ou plutôt l'unique difficulté est de trouver la longitude; c'est-à-dire la distance absolue du vaisseau au méridien du lieu de départ, ou de quelque autre lieu remarquable. Au temps dont nous parlons, il ne s'agissait pas encore des secours qu'on devait tirer un jour de l'horlogerie, pour résoudre la question; l'astronomie était le seul guide qu'on pût consulter. On fait servir avec succès les éclipses de soleil et de lune à la recherche des longitudes terrestres; mais elles arrivent trop rarement pour les longitudes marines. Celles des satellites de Jupiter ont d'autres inconvéniens qui les rendent aussi presque inutiles dans le cas présent. Quelques savans avaient proposé d'y employer les positions de la lune dans le ciel étoilé; mais cette idée, excellente en elle-même, était demeurée entièrement stérile. Jean-Baptiste Morin, professeur de mathématiques au Collége de France, la reproduisit; et il se l'appropria en donnant (ce qu'on n'avait pas encore fait) les principes nécessaires pour calculer les distances de la lune au soleil, aux étoiles et aux différens cercles de la sphère céleste; ses propositions furent écoutées. En 1634,

MORIN, né en 1583, mort en 1656.

le cardinal de Richelieu nomma une commission composée de mathématiciens et de marins, pour les examiner, promettant une grande récompense à l'auteur, s'il avait réussi. Les mathématiciens étaient *Pascal* le père, *Mydorge*, *Beaugrand*, *Boulanger* et *Hérigone*, l'auteur du cours de mathématiques. D'abord la commission parut satisfaite des démonstrations de Morin; cependant, quelque temps après, elle donna un avis défavorable, fondé sur ce que les tables de la lune étaient trop défectueuses pour donner des résultats suffisamment conformes à la vérité. Morin se plaignit avec amertume de ses juges, et même du cardinal de Richelieu, dont il n'avait rien reçu; il soutint que ses méthodes étaient bonnes, praticables, et qu'elles exciteraient les astronomes à perfectionner les tables de la lune. Cela est arrivé en effet, et Morin a semé incontestablement les germes des théories modernes sur ce sujet. Sous le ministère du cardinal Mazarin, il obtint une pension de deux mille livres.

Nous ne pouvons nous dispenser d'ajouter qu'après sa mort on trouva dans ses papiers un immense traité d'astrologie judiciaire que ses avides héritiers firent imprimer. Probablement il avait composé cet ouvrage dans sa jeunesse; et comme il ne l'a pas publié lui-même, il me semble qu'on en doit décharger sa mémoire.

On lui reproche avec plus de raison l'opiniâtreté avec laquelle il combattit le système de Copernic.

XIX.

Reprenons les travaux plus immédiatement relatifs à l'astronomie proprement dite. Suite des travaux astronomiques.

Je commence par ceux de *Hevelius*, riche sénateur de Dantzick. Hevelius, né en 1611, mort en 1688. Malgré le temps qu'il était obligé de donner aux affaires publiques, il fut un excellent observateur, très-attentif à visiter le ciel, et communiquant sans réserve ses découvertes aux autres astronomes. En 1641, il fit construire un observatoire qu'il meubla des instrumens les plus grands, les plus nombreux et les mieux exécutés qui eussent paru depuis Tycho. Il commença par dresser une *sélénographie* très-exacte, très-détaillée, An 1647. dans laquelle les taches de la lune sont désignées par des noms de montagnes, de régions et mers de la terre; mais la nomenclature de Grimaldi, postérieure de quelques années, a prévalu. D'un grand nombre d'autres ouvrages de Hevelius, on cite surtout son traité *de Motu libratorio Lunæ;* An 1651. son livre *de Nativâ Saturni facie, ejusdem que phœnomenis;* ses *Lettres* sur diverses comètes observées de son temps.

Les PP. Riccioli et Grimaldi, jésuites, travaillèrent long-temps ensemble à observer le ciel et à recueillir les observations des autres astronomes.

RICCIOLI, né en 1592, mort en 1671. Riccioli, quoiqu'entaché du reproche d'avoir combattu le système de Copernic, et d'avoir tenté de dépriser les grandes découvertes de Képler, était un de ces hommes qui, à force de travail, parviennent à meubler leur tête d'une foule de connaissances, et à composer des ouvrages utiles. La preuve en est dans son *Almagestum novum,* où il a rassemblé toutes les théories astronomiques connues de son temps, avec celles qu'il a faites lui-même, ou conjointement avec Grimaldi, le tout accompagné de remarques et de dissertations particulières. Il existe encore de lui un autre ouvrage, *Astronomia reformata,* fondé à la vérité sur un mauvais système, mais contenant d'ailleurs de bonnes observations.

An 1665.

GRIMALDI, né en 1619, mort en 1663. Grimaldi avait plus de sagacité. Outre la part qu'il a eue aux travaux de Riccioli, il nous a laissé une Sélénographie, où il désigne les taches de la lune par les noms des philosophes : nomenclature adoptée d'abord avec applaudissement, et encore subsistante aujourd'hui, sauf les additions et corrections que le temps a amenées. Nous aurons occasion de revenir à lui dans l'optique.

L'Angleterre possédait alors plusieurs astronomes, parmi lesquels on distingue principalement *Street,* qui publia, au commencement du règne de Charles II, les tables du mouvement des planè-

tes, appelées *Tables Carolines,* du nom de ce prince, à qui elles sont dédiées.

On trouve, vers le même temps, deux excellens astronomes français, Bouillaud et Mouton.

Bouillaud, né en 1605, mort en 1694.

Bouillaud était très-savant dans toutes les parties des mathématiques; il cultiva principalement l'astronomie. Son grand ouvrage : *Astronomia philolaica,* qui parut en 1645, contient un grand nombre d'observations précieuses; il est moins estimable quant aux hypothèses que l'auteur emploie pour expliquer les mouvemens célestes.

Mouton, né en 1618, mort en 1694.

Mouton, chanoine de Saint-Paul à Lyon, est le premier qui ait employé la méthode des interpolations, pour lier ensemble les observations d'un même astre, faites à divers intervalles de temps. Il détermina avec adresse et succès les diamètres apparens du soleil et de la lune, par le moyen du télescope et du pendule simple; il avait calculé de seconde en seconde, une table des logarithmes des sinus et tangentes, pour les quatre premiers degrés du quart de cercle, laquelle a été insérée dans l'édition du *Gardiner,* faite en 1770, par les soins des PP. Pezenas et Dumas, jésuites.

XX.

Progrès de l'astronomie des satellites.

Depuis la découverte des satellites de Jupiter, cette branche de l'astronomie ne fit aucun progrès pendant l'espace de plus de quarante ans, soit parce

qu'elle demandait une extrême attention de la part des observateurs, soit parce qu'on n'avait pas encore assez perfectionné le télescope. Galilée avait cru reconnaître deux satellites à Saturne, très-voisins de cette planète : ils parurent immobiles pendant trois ans, conservant toujours la même forme ; mais enfin, on cessa tout à fait de les voir, et on pensa que Galilée avait été trompé par quelqu'illusion optique.

An 1615.

En 1655, Huguens étant parvenu à construire lui-même deux excellens télescopes, l'un de douze pieds de longueur, l'autre de vingt-quatre pieds, découvrit un satellite de Saturne, celui qui forme aujourd'hui le quatrième dans l'ordre des distances. Il détermina les dimensions de son orbite, la durée de sa révolution, etc., avec une clarté et une exactitude qui ne laissèrent aucun doute sur l'existence et le mouvement de ce nouvel astre. On était alors tellement imbu de l'opinion, que le nombre des satellites ne pouvait pas surpasser celui des planètes principales, que Huguens, après avoir découvert ce satellite (ce qui donnait autant de satellites que de planètes principales)*, avança, dans l'épître

Satellite de Saturne.

* D'un côté, six planètes principales, savoir, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne; de l'autre, six satellites, savoir, la Lune, les quatre satellites de Jupiter et celui de Saturne.

dédicatoire de son livre *Systema Saturnium*, au grand-duc de Toscane, que le nombre des satellites était complet, et qu'on ne pouvait plus espérer d'en voir de nouveaux à l'avenir. Pardonnons cette erreur métaphysique à un grand homme qui a enrichi les sciences exactes de tant d'immortelles découvertes. Peut-être même faut-il la rapporter à l'idée trop avantageuse qu'il avait de ses télescopes, qui, lui ayant fait voir dans le ciel des phénomènes que personne n'avait remarqués, pouvait lui faire penser qu'aucun corps de notre monde planétaire ne lui avait échappé. An 1659.

La découverte de ce satellite conduisit Huguens par degrés, comme il l'expose lui-même, à la connaissance de l'anneau qui environne Saturne. Plusieurs astronomes, après Galilée, avaient observé Saturne sous différentes formes irrégulières et variables, dont ils ne pouvaient rendre aucune raison satisfaisante. Huguens, avec ses télescopes, reconnut et démontra que Saturne formait un corps rond, et qu'il était environné d'un anneau plat et circulaire qui en était détaché de toutes parts, et qui, étant regardé obliquement de la terre, devait, suivant les règles de l'optique, paraître en forme d'une ellipse plus ou moins ouverte, selon que notre œil est plus ou moins élevé au-dessus de son plan, dont l'inclinaison à l'écliptique est d'environ trente degrés. De là suivait l'explication simple et

Anneau de Saturne.

naturelle de toutes les apparences de Saturne. L'anneau disparaît entièrement à nos yeux, lorsque son épaisseur n'est pas suffisante pour nous envoyer une assez grande quantité de rayons du soleil pour être aperçue. Huguens trouva que le demi-diamètre extérieur de l'anneau est au demi-diamètre du globe de Saturne, comme 9 est à 4, et que sa largeur est égale à celle de l'espace contenu entre le globe et sa circonférence intérieure. Ce système, attaqué d'abord par l'envie ou l'ignorance, est aujourd'hui une vérité fondamentale dans l'astronomie, sauf quelques rectifications que le temps a fait connaître.

XXI.

Utilité de l'horlogerie dans l'astronomie.

Environ cinquante ans après la découverte du télescope, l'horlogerie en fit une dont l'astronomie a également retiré des avantages considérables. Depuis qu'on avait abandonné les clepsydres, et que tout récemment Galilée avait appris à mesurer les temps par les oscillations d'un pendule, les astronomes employaient ce dernier moyen, surtout pour déterminer la durée des éclipses, et les diamètres du soleil et de la lune ; mais outre que l'attention à suivre des yeux le mouvement d'une balle, et à compter exactement le nombre de ses oscillations, devenait à la longue très-fatigante, il fallait de plus rendre de temps en temps au pendule

le mouvement détruit par la résistance de l'air et par le frottement. En 1657, Huguens imagina de substituer au balancier des horloges ordinaires un pendule, dont les oscillations sont produites et entretenues par le mouvement que le poids ou le ressort moteur imprime à tout le rouage. Ces oscillations peuvent être portées à un haut degré d'uniformité; elles ne sont point sujettes à être dénaturées ni à s'arrêter. Aussitôt que Huguens eut proposé cette machine, tous les plus habiles horlogers de l'Europe s'empressèrent de l'exécuter. Ce succès éveilla l'envie. Quelques hommes médiocres et jaloux, qui avaient eu peut-être la moitié de la même pensée, mais qui n'en avaient su tirer aucun parti, cherchèrent à s'attribuer l'invention après s'être donné tout le temps de l'étudier dans l'écrit de Huguens. Il n'eut pas de peine à confondre leurs ridicules prétentions.

Dans son grand ouvrage intitulé : *Horologium oscillatorium, sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricæ,* que j'ai déjà cité, il applique au sujet présent deux propriétés remarquables de la cycloïde qu'il a découvertes le premier : l'une, qu'un corps descendant par la pesanteur, le long d'une demi-cycloïde renversée, dont l'axe est vertical, arrive toujours dans le même temps au point le plus bas, de quelqu'endroit de la courbe qu'il soit parti; l'autre, que la déve- An 1673.

loppée d'une demi-cycloïde est la même demi-cycloïde posée en sens contraire. Fondé sur ces deux propriétés, Huguens voulait qu'au lieu du pendule circulaire on employât un petit poids attaché à un fil, qui, en oscillant, s'appliquerait alternativement contre deux arcs cycloïdaux adossés par leurs convexités. Malheureusement, cette idée admirable dans la théorie, était très-difficile à mettre en pratique. Je dois observer de plus qu'elle suppose une condition qui n'a pas lieu en rigueur dans les échappemens à recul, comme était celui de Huguens, savoir : qu'au commencement de chaque oscillation la vitesse du pendule cycloïdal est nulle. Aussi les praticiens ont-ils abandonné ce mécanisme; ils se contentent de faire décrire au pendule de très-petits arcs de cercle, dont la propriété est également d'être isochrones, au moins sensiblement.

Ressort spiral. An 1674.

Peu de temps après, les horloges portatives, vulgairement appelées *montres*, furent à leur tour considérablement perfectionnées, au moyen du ressort *spiral* qu'on y adapta pour régler les oscillations du balancier. Huguens, et Hook, astronome anglais dont je parlerai bientôt un peu plus au long, se disputèrent la gloire de cette découverte. Je n'examine pas leurs titres respectifs; je me contente de remarquer que la première montre de cette espèce fut exécutée à Paris, en 1674, par un fameux

horloger nommé *Thuret*, d'après les idées de Huguens, et qu'elle fut envoyée en Angleterre. Le ridicule procès que l'abbé *Hautefeuille* entreprit d'intenter sur ce sujet à Huguens, ne mérite aucune attention.

XXII.

Nouveaux progrès de l'astronomie par divers établissemens

Les académies, si utiles en général au progrès de toutes les connaissances humaines, l'ont été principalement à celui de l'astronomie ; car cette science a besoin de collaborateurs unis, à portée de se communiquer leurs observations réciproques, soit de vive voix, soit par une correspondance littéraire, prompte et facile. Parmi les nations modernes, l'Angleterre et la France ont donné l'exemple de ces grands établissemens, peut-être trop multipliés dans la suite.

Sous la tyrannie de Cromwel, plusieurs citoyens distingués, attachés en secret à la cause des Stuarts, mais cherchant à s'éloigner des affaires publiques, où ils se seraient exposés, sans utilité, aux plus grands dangers, cultivaient dans le silence les mathématiques, la physique, toutes les sciences naturelles. Il leur manquait un lieu de réunion pour s'exciter mutuellement à faire de nouvelles découvertes, à interroger la nature par la voie de l'expérience, et même pour s'aider, dans un commerce libre, à supporter les adversités de la vie. Lorsque

Charles II monta sur le trône, en 1660, un de ses premiers soins fut de combler le vœu de ces savans illustres; il leur en associa un grand nombre d'autres, anglais et étrangers; et de cette corporation se forma la société royale de Londres, sous la protection des lois et du gouvernement, avec des priviléges honorables.

Société royale de Londres, 1660.

Académie des sciences de Paris, 1666.

Louis XIV, sur la proposition de l'immortel Colbert, fonda l'académie des sciences de Paris en 1666. Parmi les premiers académiciens nationaux, on remarque surtout Roberval, Freñicle de Bessi, Claude Perrault, Mariotte, Pecquet, Auzout, Picard, Richer, etc. Les bienfaits du roi allèrent chercher dans les pays étrangers, et attirèrent à Paris Huguens, Dominique Cassini et Roëmer, qu'il suffit de nommer.

Notre académie est postérieure, de six ans, à la société royale de Londres, quant à l'existence légale; mais nous avions depuis plus de trente ans des assemblées savantes et libres qui se tenaient très-régulièrement : elles étaient composées d'hommes unis par l'amitié et par les mêmes goûts : c'étaient le P. *Mersenne, Désargues,* les deux *Pascals, Carcavi, Beaugrand,* etc., tous dignes de figurer avec honneur dans les académies.

Je passe à quelques détails sur les travaux les plus remarquables des astronomes pendant les vingt

dernières années de cette troisième période. Commençons par l'Angleterre.

XXIII.

Cette nation célèbre, toujours une des premières dans l'histoire de l'esprit humain, possédait à cette époque un grand nombre d'excellens astronomes. J'en distingue trois du premier ordre : *Hook, Flamstéed* et *Halley*. Astronomes anglais.

Hook a été un grand observateur dans toutes les branches de l'astronomie; il perfectionnait les instrumens déjà connus; il en imaginait de nouveaux. Sa *micrographie* contient d'excellentes réflexions sur la construction et l'usage des micromètres. J'ai parlé de sa prétention à la découverte du ressort spiral des montres. Il a d'autres titres de gloire plus certains; je me contenterai de rapporter ses vues sur la gravitation universelle de la matière. Hook, né en 1635, mort en 1702.

L'opinion qui attribue la pesanteur à l'attraction mutuelle des corps est très-ancienne; elle se trouve dans une lettre de Pascal et de Roberval à Fermat, en date du 16 août 1638. On sait qu'elle est aujourd'hui la base du système de la gravitation neutonienne. En 1674, c'est-à-dire, douze ans avant que le livre de Neuton parût, Hook avait porté cette idée à un très-haut degré de probabilité, dans un ouvrage anglais intitulé : *An attempt to prove the motion of the Earth*, dont madame Duchâte- Œuvres de Pascal t. IV, pag. 389.

let a cité un long passage à la suite de sa traduction de Neuton. N'ayant pu me procurer cet ouvrage, je vais rapporter quelques réflexions semblables de l'auteur, lues en 1682 à la société royale de Londres, et imprimées dans le recueil de ses œuvres posthumes.

La gravitation universelle connue à Hook.

« J'entends, dit-il, par gravité, un pouvoir qui » force tous les corps homogènes de s'approcher les » uns des autres jusqu'à ce qu'ils soient unis..... » Ce pouvoir n'appartient pas seulement à la terre; » mais à tous les corps répandus dans l'univers, au » soleil, aux étoiles fixes, aux planètes principales et » secondaires, en un mot, à tous les corps compris » dans le système du monde..... Qu'on ne dise » pas que j'introduis ici un principe nouveau.... » Je le regarde au contraire comme la propriété la » plus essentielle des sphères célestes..... A cha- » que instant, il se manifeste à nos yeux par ses » effets.....; son existence est indubitable, du » moins sur la terre.....; sa sphère d'activité doit » s'étendre à une distance prodigieuse, même in- » définie; mais son action va en s'affaiblissant, à » mesure qu'elle agit à un plus grand éloignement » de son centre. Quoique cette hypothèse n'ait » rien de hasardé, et qu'elle soit fondée au con- » traire sur les phénomènes de la nature, com- » me elle est neuve et n'est encore tombée dans » la tête de personne, e ne serais pas étonné

» qu'elle parût étrange, extravagante même, etc. »

Il est évident, par ces vues générales, que si Hook avait trouvé la proportion exacte suivant laquelle agit l'attraction, Neuton n'aurait pu avoir tout au plus que le mérite des applications ; mais il fallait pour cela une profonde géométrie, qui manquait au premier.

XXIV.

FLAMSTÉED, né en 1646 mort en 1720.

Flamstéed réunissait dans un haut degré la partie systématique de l'astronomie et la dextérité pour faire d'excellentes observations. Il n'avait pas encore vingt-six ans, lorsque, dans un ouvrage intitulé : *De æquatione temporis diatriba,* il établit la distinction du temps *vrai* et du temps *moyen,* distinction très-utile dans le calcul astronomique.

Un jour *vrai* est l'espace de temps que le Soleil, en partant du méridien d'un lieu, emploie à y revenir le lendemain par son mouvement *apparent* d'orient en occident, parallèlement à l'équateur : mouvement qui provient de la rotation *réelle* de la Terre autour de son axe, d'occident en orient. Deux causes principales, l'inégalité du mouvement elliptique annuel de la Terre autour du Soleil, et l'inclinaison du plan de l'écliptique sur celui de l'équateur, font que tous les jours vrais n'ont pas la même durée, ou qu'ils sont sujets à des inégalités périodiques. Les différences successives d'un jour

à l'autre se déterminent par celles du mouvement diurne du Soleil en ascension droite vraie. Ensuite, en ajoutant ensemble toutes les durées des jours vrais, et divisant la somme par le nombre de ces jours, le quotient exprime le jour *moyen*. L'accumulation des jours vrais forme le temps vrai, et celle des jours moyens forme le temps moyen. Tantôt le jour moyen anticipe sur le jour vrai, tantôt il est en retard. Ils ne s'accordent ensemble que quatre fois dans l'année : savoir, à peu près le 14 avril, le 15 juin, le 30 août et le 23 décembre. Les astronomes calculent des tables d'*équations* qui font connaître la correspondance du temps vrai et du temps moyen.

On partage le jour vrai et le jour moyen, chacun en 24 heures égales ; mais les heures de l'un ne sont pas égales à celles de l'autre, si ce n'est quand les jours eux-mêmes sont égaux.

Il ne faut pas confondre le jour moyen avec le temps de la révolution diurne uniforme des étoiles ; car pendant que les étoiles n'éprouvent ici d'autre mouvement que celui de la sphère céleste, qui paraît emporter tous les astres d'orient en occident, le Soleil, en participant à ce mouvement, est retardé dans sa marche par un mouvement contraire, en vertu de sa révolution annuelle, d'occident en orient. Ce retardement est d'environ 4 minutes de temps dans l'espace d'un jour moyen. D'où il résulte que le

jour moyen est plus long que le jour *stellaire*, dans le rapport de 24 heures à 23 heures 56 minutes.

Bientôt Flamstéed se trouva à portée de se distinguer par des travaux importans dans toutes les branches de l'astronomie. Ayant été nommé président de l'observatoire que Charles II avait établi à Grenwich, il y fit une immense quantité d'observations rapportées dans son *Histoire céleste*, et dans les Transactions philosophiques de la société royale de Londres. A ces bases de la science il a joint des prolégomènes très-curieux et très-instructifs; et il a dressé un catalogue des étoiles fixes, visibles dans nos climats, plus complet et plus exact que tous les précédens.

XXV.

La nature, ordinairement avare de ses dons, en fut prodigue envers Halley. S'il se fût livré tout entier à la géométrie ou à l'analyse, il aurait eu peu de supérieurs; mais il s'adonna principalement à l'astronomie, où il a eu peu d'égaux. A l'âge de dix-neuf ans, il donna une méthode géométrique pour trouver les absides, les excentricités et les dimensions des orbites des planètes principales. Képler avait placé le centre des moyens mouvemens au foyer même que le Soleil occupe dans chaque orbite elliptique planétaire; cependant, quelques astronomes voulaient qu'on rapportât les moyens

HALLEY, né en 1656, mort en 1742.

mouvemens à l'autre foyer. Le mémoire de Halley prouva irrévocablement que l'hypothèse de Képler était la plus exacte et la plus commode.

XXVI.

Catalogue des étoiles australes.

Comme les anciens ne voyageaient guère que dans la partie boréale de la terre, et qu'entre les modernes, ceux qui avaient pénétré dans la partie australe, y avaient été attirés par d'autres intérêts que le progrès de l'astronomie, les étoiles du sud, principalement celles qui avoisinent le pôle, demeuraient tout à fait inconnues ou mal placées sur les globes célestes. Pour remplir ce vide, cette partie nulle ou incomplète dans les catalogues de Ptolemée et de Tycho, et pour faire plusieurs autres observations correspondantes à celles de Hévélius et de Flamstéed en Europe, Halley se rendit, en 1676, à l'île Sainte-Hélène, la plus méridionale des possessions anglaises, située sous le 16.e degré de latitude australe, et il y observa les étoiles pendant plus de dix-huit mois; ce qui le mit en état de dresser un catalogue des étoiles australes, qui comprend une vaste région dans les espaces célestes.

Il retira encore plusieurs autres fruits de son voyage. Par exemple, il observa le 3 novembre 1677, un passage de Mercure sur le Soleil, d'où il prit occasion de faire connaître l'utilité de ces

sortes d'éclipses ou d'immersions des planètes inférieures, pour déterminer la parallaxe du soleil. Je parlerai plus au long de cette méthode, quand il sera question du passage de Vénus sur le Soleil, aux années 1761 et 1769.

XXVII.

Halley était en relation avec tous les principaux astronomes de l'Europe. En 1679, il alla visiter Hevelius à Dantzick, et le jour même de son arrivée ils firent ensemble une observation. L'année suivante il voulut voir la France et l'Italie. Etant à moitié chemin de Calais à Paris, il aperçut pour la première fois la fameuse comète de 1680, si terrible aux yeux du vulgaire par son éclat et sa grandeur. Elle lui fit naître la pensée d'écrire un petit traité sur les comètes, auquel je reviendrai encore dans la suite.

J'observerai ici en passant, que cette même comète occasionna l'ouvrage de Bayle, intitulé : *Pensées sur la comète,* dans lequel ce grand philosophe combat avec toutes les forces de la dialectique les erreurs superstitieuses qui existaient encore alors sur les causes et les effets de l'apparition des comètes.

L'énumération des ouvrages dont Halley a enrichi la géométrie, la physique, et surtout l'astronomie, nous mènerait trop loin; mais je m'arrêterai

Transactions phil. an 1683. encore ici un moment sur sa *Théorie des variations de la boussole*.

On avait remarqué depuis long-temps que l'aiguille aimantée ne se dirige pas toujours exactement vers le pôle, qu'elle en décline quelquefois de 10, 15 ou 20 degrés, tantôt vers l'orient, tantôt vers l'occident, soit en différens lieux, soit en différens temps. La loi de ces variations était entièrement inconnue, lorsque Halley entreprit de la découvrir et de la soumettre au calcul, par un nombre immense d'observations, la plupart tirées des plus fameux routiers, et combinées ensemble avec la plus scrupuleuse attention dans toutes leurs circonstances. De cette manière il trouve qu'il y a sur le globe terrestre, dans cette grande mer qui sépare l'Europe et l'Afrique d'avec l'Amérique, plusieurs points où la boussole n'a aucune déclinaison; que les courbes formées par ces points, et celles où l'on observe des déclinaisons, ont un mouvement latéral, réglé et périodique, autour d'un axe qui n'est pas celui de la terre; que ce mouvement et cet axe étant bien connus, le navigateur pourrait parvenir à connaître la position qu'il occupe sur la surface du globe terrestre. Quant à la cause physique de ces variations de la boussole, elle est, suivant Halley, un second globe contenu dans celui de la Terre supposée creuse, un gros aimant, lequel attire à lui tout ce qui est doué de quelque

vertu magnétique, et tourne sur un axe particulier, différent de celui de la Terre, d'où résulte une variation continuelle dans la déclinaison de la boussole. Ce n'est pas ici le lieu de discuter ce système.

Nous verrons reparaître Halley sous la quatrième période, avec de nouveaux titres de gloire.

XXVIII.

Astronomes français.

Nos premiers académiciens astronomes ne mirent pas seulement tous leurs soins à faire des observations aussi exactes qu'il était possible avec les instrumens déjà connus, ils s'appliquèrent à perfectionner ces instrumens, à en imaginer de nouveaux, afin d'obtenir encore plus de précision dans les résultats.

Auzout, né en 16.., mort en 1695.

L'Italie était en possession, depuis plusieurs années, des grandes lunettes du célèbre Campani: Auzout en construisit de plus longues encore, et peut-être même supérieures en bonté, avec lesquelles il observa, entr'autres, la comète de 1664. En rendant compte de cette observation à Louis XIV, il prit occasion d'exposer les avantages qu'il y aurait de former un lieu de rassemblement pour un certain nombre d'astronomes choisis, et d'y placer une collection d'excellens instrumens. On prétend que ces raisons firent naître dès-lors le projet de bâtir l'Observatoire. Auzout rendit d'autres services importans à la partie organique de l'astronomie; il

perfectionna le *micromètre,* inventé par Huguens. L'objet général de cet instrument est, comme on sait, de mesurer les diamètres des planètes, par l'espace qu'ils occupent au foyer commun de l'objectif et de l'oculaire, dans une lunette astronomique. Le moyen que Huguens employait pour cela était un peu incommode dans la pratique, et la petite correction qu'on y avait faite n'était pas suffisante. Auzout construisit un micromètre, dans lequel le mouvement toujours égal d'une vis, fait avancer des fils d'argent ou de laiton parallèlement à d'autres qui sont arrêtés, de telle sorte qu'on peut toujours comprendre exactement l'image de l'objet entre deux fils. Cette machine, si utile, a été encore simplifiée dans la suite. Le même astronome partage avec Picard la gloire d'avoir trouvé, ou du moins perfectionné (car on dispute sur l'auteur et la date de la première invention), la méthode d'appliquer les lunettes d'approche aux quarts de cercle, en place des anciennes pinnules.

XXIX.

Cassini, né en 1625, mort en 1712.

Dominique Cassini, déjà connu par quelques ouvrages de mathématiques, et surtout par la fameuse méridienne qu'il avait tracée en 1655, dans l'église de Sainte-Pétrone, à Bologne, ayant été appelé en France en 1669, eut toute liberté de se livrer à son goût dominant pour l'astronomie.

Je ne le suivrai pas ici dans toutes ses recherches pratiques et spéculatives : je citerai seulement les principales. Les plus remarquables de ses nombreuses observations, sont celles de quatre nouveaux satellites de Saturne; le premier, le second, le troisième et le cinquième; il découvrit, le 3.e et le 5.e en 1671; le 1.er et le 2.e en 1684. Ainsi, avec le 4.e, découvert par Huguens, Saturne eut dès-lors cinq satellites; le nombre s'en est augmenté de nos jours, comme nous le verrons dans la suite. L'anneau est un autre phénomène du système saturnien, reconnu par Huguens.

L'hypothèse du mouvement elliptique des planètes, proposée par Képler, n'avait pas été parfaitement comprise par tous les astronomes. Quoiqu'il eût réellement placé, à la vérité d'une manière un peu obscure, le centre des moyens mouvemens au foyer occupé par le Soleil, quelques-uns, entre autres Cassini, se persuadèrent qu'il plaçait ce centre à l'autre foyer de l'ellipse; ce qui donnait des résultats peu conformes aux observations, dans la comparaison des moyens mouvemens de deux planètes. D'après cette fausse supposition, Cassini crut devoir substituer à l'ellipse ordinaire, ou à l'ellipse de Képler, une autre courbe qu'il appela aussi une *ellipse,* dans laquelle le *produit* des deux lignes menées de deux points fixes à un même point de la courbe, forme partout une quantité cons-

tante, au lieu que dans l'ellipse ordinaire, c'est la *somme* des deux lignes menées des deux foyers, qui est une quantité constante. Mais cette nouvelle courbe ne donne pas les moyens mouvemens avec la même exactitude, à beaucoup près, que l'ellipse de Képler, en supposant, comme il faut le faire, que dans celle-ci le centre des moyens mouvemens est le foyer occupé par le soleil. D'ailleurs, quand les deux foyers sont fort éloignés, la *Cassinoïde* a un cours qu'il est physiquement impossible qu'une planète puisse suivre. Finissons par observer que le nom d'*ellipse* ne convient à cette courbe que dans un sens très-impropre; elle est du quatrième ordre, et l'ellipse conique n'est que du second.

XXX.

Mesure de la terre.

La mesure de la Terre a été une des grandes opérations de notre académie naissante. J'ai assez fait connaître les tentatives des anciens sur cette question. Quelques astronomes modernes des pays étrangers s'en sont occupés aussi dans la première moitié du dix-septième siècle. J'ai remis à parler ici de leurs travaux, afin d'en faciliter la comparaison avec ceux des astronomes français.

Eratosthènes Batavus.

En 1617, *Snellius*, après avoir d'abord déterminé les arcs célestes compris entre *Alcmaer*, *Leyde* et *Bergopzoom*, par les différences des hau-

teurs du pôle dans ces trois villes, calcula les distances méridiennes terrestres des trois parallèles, au moyen d'une suite de triangles liés entr'eux, et partant d'une base de 630 de nos toises, qu'il mesura immédiatement dans la plaine : il trouva de cette manière que la valeur du degré terrestre était de 55021 toises.

Norwood, astronome anglais, trouva, par des observations de la hauteur méridienne du soleil, au solstice d'été, à *Londres* et à *York,* que la différence de latitude de ces deux villes était de deux degrés vingt-huit minutes; puis ayant mesuré leur distance terrestre avec toutes les précautions possibles, et les réductions nécessaires à raison des détours, des montagnes, des descentes, il conclut que le degré du méridien terrestre était de 57300 toises. An 1635.

Quinze ou seize ans après, Riccioli mesura, par des procédés semblables, un arc du méridien terrestre dans les environs de Bologne, et il trouva que la valeur du degré était de 62900 toises. Almagestum novum, 1651.

XXXI.

Il y avait, comme on voit, trop de discordance entre ces trois déterminations, pour qu'on pût regarder la question comme décidée. Elle fut donc agitée en France dès la fondation de l'académie; et on chargea l'abbé Picard de faire une nouvelle me-

PICARD, né en 16.. mort en 1684. sure. La dextérité de cet astronome à manier les instrumens, les grands nivellemens qu'il avait faits pour tenter d'amener la rivière d'Eure à Versailles, la perfection même que les instrumens avaient acquise depuis quelques années, tout faisait espérer qu'il aurait plus de succès que ses prédécesseurs. Les erreurs plus ou moins grandes où ils étaient tombés pouvaient venir en partie, du plus ou du moins d'adresse des observateurs, du choix des observations, des différens effets des réfractions, du calcul des triangles, etc. Mais leur principale source était dans la difficulté de mesurer les angles avec une précision suffisante, en regardant les objets à travers les pinnules des alidades; car, quoique le télescope fût connu dès le temps même de Snellius, il paraît que ni lui, ni Norwood, ni Riccioli, n'ont employé dans leurs opérations le quart de cercle garni d'une lunette. Aussi Snellius, voulant excuser le vice de quelques-uns de ses triangles, s'en prend aux pinnules, *avec lesquelles*, dit-il, *un objet, gros de plusieurs minutes, n'est vu que comme un point et même avec peine.*

An 1669. La substitution des lunettes aux pinnules mit Picard en état d'opérer avec beaucoup plus de justesse. En plaçant deux fils de soie très-fine, en croix, au foyer de l'objectif d'une lunette, le rayon lumineux, parti d'un point de l'objet, est arrêté par le fil qu'il rencontre; il n'arrive donc pas au foyer

de l'oculaire, et on voit les filets comme s'ils étaient placés sur l'objet même. Ainsi, en visant à l'endroit couvert par l'intersection de deux filets, on est assuré qu'on ne vise qu'à un seul point.

Picard choisit pour établir sa mesure du degré terrestre, l'espace compris entre *Sourdon* en Picardie, et *Malvoisine* dans les confins du Gatinois et du Hurepoix. Ces deux termes, distans l'un de l'autre d'environ 32 lieues, sont situés à peu près sous le même méridien, et on s'était assuré d'avance qu'ils pourraient être liés par des triangles avec le grand chemin de *Villejuif* à *Juvisy*, lequel était lui-même très-commode pour y placer la base fondamentale de tous les triangles. Il fallut employer treize triangles pour aller de Malvoisine à Sourdon. On partit d'une base de 5663 toises bien mesurées sur le grand chemin; et par le calcul de tous les triangles, on trouva que la distance méridienne terrestre comprise entre les parallèles de Malvoisine et de Sourdon, était de 68430 toises 3 pieds. Restait à déterminer l'arc céleste correspondant. Ici Picard redoubla de soins et d'attention; car les plus petites erreurs commises dans le ciel en produisent de très-grandes sur la Terre; par exemple, l'arc céleste d'une seconde répond à seize toises sur la Terre. On trouva que l'arc céleste compris entre les parallèles de Malvoisine et de Sourdon était de 1 degré 11 minutes 57 secondes.

Anc. mém. de l'académie, t. VII, p. 157.

De là il suit que la longueur d'un degré terrestre, par une latitude de 49 degrés 23 minutes, vaut 57060 toises; la circonférence entière du grand cercle vaut 20541600 toises, et le rayon vaut 3269296 toises.

Dix à douze ans après cette mesure de Picard, on entreprit de la prolonger de part et d'autre, au nord et au sud, dans toute l'étendue de la France; mais comme ces nouvelles opérations se lient naturellement à d'autres plus nombreuses et plus en grand, qui furent faites sous la quatrième période, je rassemblerai ci-dessous toute cette suite en un même corps.

XXXII.

Antres travaux astronomiques de l'académie des sciences.

Plusieurs autres questions non moins intéressantes, et même d'une utilité plus générale que la mesure de la terre, furent agitées vers le même temps dans notre académie.

On ne connaissait qu'imparfaitement la nature des réfractions astronomiques, l'obliquité de l'écliptique, les parallaxes des planètes, les variations des marées, la durée du crépuscule; on ignorait si, conformément à la théorie où l'on craignait toujours qu'il ne se glissât quelqu'idée systématique, la pesanteur éprouvait en effet quelques changemens dans son intensité, à différentes latitudes, etc. La plupart de ces questions demandaient que l'on

fit des observations correspondantes en des endroits fort éloignés les uns des autres. Cassini, Picard, Roemer, etc., observaient à Paris ou dans les provinces; on envoya *Richer* à Cayenne, qui est à 5 degrés de latitude boréale : c'était un homme courageux, excellent observateur et très-versé d'ailleurs dans les mathématiques; le succès de son voyage répondit parfaitement aux espérances qu'on en avait conçues. Voici un extrait succinct de ses travaux à Cayenne, et des conséquences qu'on en tira dans l'académie.

An 1672.

Richer, né en 16. . . mort en 1696.

Les anciens avaient eu des notions générales des réfractions; Tycho reconnut qu'il en fallait tenir compte dans le calcul astronomique; il observa que les vapeurs répandues autour de la terre élevaient les astres de plus d'un demi-degré quand ils étaient à l'horizon; mais il croyait qu'ensuite cet effet diminuait assez rapidement, et qu'à la hauteur de 45 degrés, il devenait nul ou absolument insensible. Des observations postérieures avaient fait connaître que cette diminution n'était pas si prompte, et on soupçonnait que les réfractions devaient s'étendre jusqu'au zénith; mais il fallait éclaircir toute cette matière avec d'autant plus de soin, que le résultat influe sur les deux élémens principaux de l'astronomie, la hauteur du pôle et l'obliquité de l'écliptique. En effet, si les réfractions ne cessent pas à 45 degrés, toutes les hauteurs

Réfractions astronomiques.

du pôle au-dessus de ce nombre, et toutes les hauteurs solsticiales du soleil en été, lesquelles font connaître l'obliquité de l'écliptique, et passent beaucoup 45 degrés dans nos climats, avaient été jugées auparavant plus grandes qu'elles ne sont réellement, puisqu'on n'y avait pas tenu compte des réfractions : alors il y avait nécessairement des erreurs dans la détermination du lieu des astres. Les observations de Richer faites près de l'équateur, et comparées aux observations faites en Europe, jetèrent un grand jour sur cette théorie, qui a été approfondie de plus en plus dans les temps postérieurs.

XXXIII.

Parallaxes des planètes.

Quoique les anciens eussent connu en gros les parallaxes des planètes, ils avaient laissé presque tout à faire aux modernes pour en déterminer les quantités avec une certaine exactitude. Les lois de Képler, déduites immédiatement des observations, donnaient bien les *rapports* des distances des planètes principales au soleil, puisqu'elles apprenaient d'un côté que les planètes décrivent des ellipses autour du soleil placé à l'un des foyers, et d'autre part que les cubes des moyennes distances sont comme les carrés des temps des révolutions périodiques; mais il ne suffisait pas de connaître ces rapports, il fallait de plus connaître au moins

l'une des distances, ou pouvoir la rapporter à une même unité de numération, telle que le rayon du globe terrestre. Or, un des meilleurs moyens de parvenir à cette connaissance est d'observer une planète en deux endroits fort éloignés l'un de l'autre : alors, après avoir réduit les observations à la même époque et au même méridien, la distance entre les lieux auxquels la planète répond dans le ciel, fait connaître sa parallaxe. D'où l'on tire la parallaxe horizontale, par le principe que les sinus des parallaxes d'une même planète sont entr'eux comme les sinus de ses distances au zénith.

On convint d'observer ainsi Mars en France et à Cayenne. On avait reconnu que cette planète se trouverait en l'année 1672, dans la position la plus favorable pour la recherche de sa parallaxe : elle devait être opposée au soleil, et dans sa plus grande proximité de la terre, au mois d'août et de septembre; de sorte que si jamais elle devait avoir une parallaxe bien marquée, c'était en ce temps-là. Pendant que Richer faisait cette observation à Cayenne, Picard et Roemer en faisaient une semblable à Paris. En comparant entr'elles ces observations, Cassini trouva que la parallaxe horizontale de Mars était de 25 $\frac{1}{5}$ secondes. De là, il conclut que la parallaxe horizontale du soleil était de 9 $\frac{1}{2}$ secondes, en considérant que les sinus des parallaxes horizontales de deux planètes (ici Mars et le Soleil), sont

réciproquement proportionnels à leurs distances à la terre, et qu'au temps des observations, les distances de Mars et du Soleil à la Terre étaient entr'elles comme les nombres 3 et 8. Cette conclusion approche fort de celle qu'on a tirée des plus excellentes observations faites de nos jours. Képler s'était fort éloigné de la vérité en ce point, puisqu'il faisait la parallaxe horizontale du Soleil, d'une minute. Hipparque s'en était encore plus éloigné. La parallaxe de Mars fait trouver avec la même facilité les parallaxes horizontales des autres planètes; ce qui serait très-difficile à déterminer immédiatement pour Jupiter et Saturne, à cause de leurs grandes distances au soleil, comparativement au rayon de la terre, et même pour Mercure qui est presque toujours plongé dans les rayons du Soleil.

XXXIV.

Raccourcissement du pendule à Cayenne.

De toutes les nombreuses observations de Richer, la plus remarquable et la plus curieuse est celle du raccourcissement qu'il fallut faire à la longueur du pendule qui battait les secondes à Paris pour les lui faire battre à Cayenne. Picard rapporte, dans sa *Mesure de la Terre*, imprimée en 1671, « qu'on avait fait à Londres, à Lyon, et à » Bologne en Italie, quelques expériences, d'où il » semble qu'on pouvait conclure que les pendules

Voy. les anc. mém. de l'ac. t. VII, p 141.

» doivent être plus courts à mesure qu'on avance » vers l'équateur, conformément à la conjecture » qui avait déjà été proposée dans les assemblées de » l'académie, que supposé le mouvement de la » terre, les poids devaient descendre avec moins » de force sous l'équateur que sous les pôles. Mais, » ajoute-t-il, nous ne sommes pas suffisamment » informés de la justesse de ces expériences, pour » en conclure quelque chose ; et, d'ailleurs, on » doit remarquer qu'à La Haye, où la hauteur du » pôle est plus grande qu'à Londres, la longueur » du pendule, exactement déterminée par le moyen » des horloges, a été trouvée la même qu'à Paris ». Je cite ce long passage pour faire voir qu'en 1671 la question dont il s'agit était encore indécise : elle l'était au point que Picard ayant fait, en ce temps-là, un voyage à Uranibourg, y trouva la longueur du pendule à secondes la même qu'il l'avait trouvée à Paris. L'expérience de Richer à Cayenne était donc bien importante. Il avait emporté avec lui un pendule qui battait exactement les secondes à Paris : lorsqu'il voulut en faire usage à Cayenne, il observa que ce pendule oscillait trop lentement. Pour lui faire battre les secondes, il fallut en diminuer la longueur d'environ une ligne et un quart. Cette expérience dissipa tous les doutes, et donna lieu à Huguens d'établir incontestablement l'opinion qu'il avait déjà avancée, que la force centri-

fuge vers l'équateur, étant plus grande que sous le parallèle de Paris, elle devait plus diminuer la pesanteur naturelle et primitive à Cayenne qu'à Paris, d'où résultait la nécessité d'un pendule plus court dans le premier endroit que dans le second. Huguens ne s'en tint pas à cette considération générale; il conclût que la Terre devait être plus élevée vers l'équateur que vers les pôles, et il donna un calcul de l'aplatissement progressif de cette planète, en allant de l'équateur vers les pôles. Quelques années après, Neuton trouva aussi un aplatissement dans le même sens, mais un peu plus grand que celui de Huguens. J'exposerai dans la suite un peu plus au long les théories de ces deux grands géomètres. Ici je me contente d'observer que dans cette importante question l'expérience a devancé la théorie, et que la France a eu la gloire de fournir les *données* qui devaient servir à la résoudre.

XXXV.

Propagation successive de la lumière.

Notre nation peut se glorifier aussi d'avoir fait, vers le même temps, la découverte de la propagation successive de la lumière. Il est vrai que Roemer, à qui on la doit, était Danois d'origine; mais il était alors établi en France par les bienfaits de Louis XIV; membre de l'académie des sciences; participant à ses discussions; et ce qui est le point capital, astronome attaché spécialement à l'obser-

vatoire, où il avait à sa disposition les plus excellens instrumens alors connus. C'est dans ce lieu, qu'attentif à suivre, pendant plusieurs années, les mouvemens des satellites de Jupiter, il reconnut que la lumière mettait plusieurs minutes pour venir du soleil jusqu'à nous. Ayant calculé très-exactement et très-souvent, par les meilleures tables, les révolutions du premier satellite et ses eclipses causées par l'ombre de Jupiter, il trouvait toujours qu'en certain temps le satellite sortait de l'ombre quelques minutes plus tard; et dans d'autres, quelques minutes plutôt qu'il n'aurait dû faire suivant les tables; ensuite, en comparant ces variations les unes avec les autres, il vit que le satellite sortait plus tard de l'ombre, quand la terre, par son mouvement annuel, s'éloignait de Jupiter; et plutôt quand elle s'en approchait; d'où, après quelques incertitudes, il conçut enfin l'heureuse pensée, que si le satellite paraissait plus tard ou plutôt, selon qu'il était plus loin ou plus près de nous, cela venait de ce que la lumière mettait plus de temps à parcourir le premier espace que le second; et qu'ainsi elle ne se propage pas en un instant, comme Descartes et plusieurs autres philosophes l'avaient avancé. Dans cette opinion, il calcula la correspondance des sorties de l'ombre ou des émersions du satellite avec les éloignemens à la Terre, et il trouva que la lumière retardait de onze mi-

Hist. de l'anc. acad. tom 1.
An 1676.

nutes pour une différence d'éloignement égale à la distance de la terre au soleil. Fondé sur ce calcul, il annonça à l'académie des sciences, au mois de septembre 1676, qu'une émersion du premier satellite qui devait avoir lieu le 16 novembre suivant, arriverait dix minutes plus tard qu'elle ne devait arriver suivant l'hypothèse ordinaire d'une propagation instantanée de la lumière. L'événement justifia la prédiction, et convertit en certitude la conjecture de l'auteur, que la vitesse de la lumière est finie et assignable. Seulement les observations postérieures ont fait connaître que cette vitesse est un peu plus grande que Roëmer ne l'avait établi dans ses premiers calculs, où il avait négligé de petits élémens. Quelques savans combattirent d'abord cette vérité; mais elle triompha, et elle assure l'immortalité au nom de Roëmer.

XXXVI.

Applications de l'astronomie.

L'astronomie n'est pas une de ces sciences destinées seulement à alimenter la curiosité humaine; elle s'applique continuellement aux besoins de la société; elle sert à mesurer le temps, à déterminer les latitudes et les longitudes des lieux terrestres, à conduire le navigateur à travers les mers, etc.

Mesure du temps.

Depuis que les astronomes ont commencé à mesurer le temps par le moyen des horloges, ils règlent ces machines sur le passage des étoiles au

méridien, méthode susceptible de la plus grande exactitude, vu l'état de perfection où l'horlogerie a été portée. Ici je considère l'application de l'astronomie à la gnomonique, et à d'autres objets d'une utilité universelle et populaire.

Nous avons vu que les anciens s'étaient fort occupés de la construction des cadrans, et qu'ils en traçaient de toutes les espèces sur toutes sortes de surfaces planes, cylindriques, coniques, sphériques, etc. Vitruve, qui est entré à ce sujet dans les plus grands détails, n'a pas expliqué, du moins avec la méthode et la clarté nécessaires, la théorie de la gnomonique. On ne commence à trouver cette théorie suffisamment développée que dans les auteurs du seizième siècle. On croit que *Munster* et *Oronce-Finé* sont les premiers qui en aient publié des traités. Maurolic écrivit sur la même matière un ouvrage estimé, où la pratique est réunie à la théorie. On cite aussi, avec beaucoup d'éloges, le traité de gnomonique que le P. Clavius, jésuite, publia en 1581. On a, depuis, écrit tant de semblables ouvrages, que l'énumération en serait aussi fastidieuse qu'inutile.

Gnomonique.

Munster, né en 1489, mort en 1552.

Oronce Finé, né en 1494, mort en 1555.

Clavius, né en 1537, mort en 1612.

XXXVII.

La position respective des lieux terrestres ne peut se connaître avec exactitude que par leurs correspondances aux cercles de la sphère céleste,

Géographie.

ou par les latitudes et les longitudes déterminées astronomiquement. Colbert, dont les grandes vues s'étendaient sur tous les objets d'utilité publique, donna ordre, en 1679, à notre académie des sciences, de travailler à lever, suivant cette méthode, une carte générale de la France. Aussitôt des astronomes célèbres, Cassini, Picard, Lahire, Deshayes, etc., furent envoyés dans les principaux endroits du royaume, villes, bourgs, villages, etc., dont ils déterminaient les latitudes par les hauteurs méridiennes des astres; et les longitudes par les différences entre les temps des apparitions de certains phénomènes (tels que les éclipses de satellites), sous le méridien d'un lieu proposé, et sous un méridien connu, pris pour terme de comparaison : ces points principaux étaient liés ensemble par des triangles; ensuite les détails de remplissage, où il ne fallait que des opérations topographiques fort simples, étaient confiés à des savans d'un ordre inférieur. Cette grande entreprise a été suivie pendant plus de cent ans, et enfin nous avons une suite de cartes de toute la France, dressées d'après les bases les plus exactes et les plus multipliées : les autres nations ont imité notre exemple.

Il ne s'agit pas ici d'expliquer la théorie des projections, sur laquelle est fondée la construction des

cartes géographiques *. Je dirai seulement que les cartes étant des surfaces planes destinées à représenter les parties courbes du globe terrestre, doivent être assujéties à une loi constante, qui en fasse connaître facilement les dimensions et les rapports mutuels. Celles des grandes étendues de pays, se font ordinairement par des projections sur un grand cercle de la sphère, tel que l'équateur, le méridien, l'horizon, etc., en plaçant l'œil au pôle de ce cercle. On modifie ce genre de projection pour des étendues de pays de grandeurs moyennes, les royaumes, les provinces, etc. Quant aux cartes topographiques, elle n'ont aucune difficulté de construction, puisqu'elles sont seulement destinées à représenter de petites étendues de terrain, qu'on peut regarder comme des surfaces planes.

XXXVIII.

Le navigateur se conduit à travers la vaste étendue des mers, par les observations astronomiques, la boussole, les horloges et les cartes adaptées à son usage. Il n'en est pas de ces voyages comme de ceux qui se font sur la terre ferme. Dans ces derniers, on va, autant qu'il est possible, d'un point à l'autre, par le chemin le plus court, qui est Navigation.

* Voyez à ce sujet le dernier appendix de ma *Géométrie.*

un arc de grand cercle du globe terrestre regardé comme sphérique : les distances des villes et autres lieux sont désignées par de tels arcs, dans les cartes géographiques ordinaires, et on cherche à les suivre sans s'embarrasser des angles qu'ils font avec le méridien. Mais si le pilote voulait régler sa marche de la même manière, il serait continuellement obligé de changer de direction, en changeant de méridien, et cela deviendrait fort long et fort embarrassant en pleine mer. Il renonce donc au léger avantage du plus court chemin, et il préfère avec grande raison de diriger sa marche en formant toujours le même angle avec le méridien, au moyen de la boussole, qui fait connaître la ligne nord et sud. Alors la route du vaisseau n'est plus un arc de cercle, mais une courbe à double courbure, appelée *loxodromie*, dont la propriété est de couper tous les méridiens sous un angle constant, de même que la *spirale logarithmique*, décrite sur le plan d'un cercle, fait partout des angles égaux avec le rayon. Mais, comme je l'ai déjà observé, dans une navigation un peu longue, on est souvent obligé de changer de rhumb de vent à cause des différens obstacles qu'on rencontre en chemin ; et par conséquent la route totale du vaisseau est une suite de portions de loxodromies différentes. Les propriétés de cette courbe ne sont bien connues que depuis l'invention de l'analyse infinitésimale.

XXXIX.

On détermine immédiatement à la mer la latitude du vaisseau par la hauteur des astres, et la longitude par les éclipses, ou par les montres marines : ainsi on connaît la position du vaisseau sur la carte; et on y peut suivre sa route jusqu'à l'endroit où l'on veut arriver. J'ai parlé de l'usage et de l'inconvénient des *cartes plates ;* il me reste ici à faire connaître les *cartes réduites,* ou *à latitudes croïssantes,* qui sont très-préférables, et que l'on peut regarder comme une des plus belles inventions de l'art nautique. Cartes marines.

Le globe terrestre ayant la forme sphérique, du moins à très-peu près, tous les degrés des grands cercles ont des longueurs égales; mais il n'en est pas ainsi des parallèles dont les degrés diminuent continuellement de longueur à mesure que la latitude augmente ou qu'on s'éloigne de l'équateur. Cependant dans les cartes plates, ces derniers degrés sont représentés par des lignes égales; ce qui peut produire des erreurs considérables lorsque la carte a une étendue un peu grande en latitude. Gerard Mercator, géographe des Pays-Bas, proposa d'obvier à ce défaut en continuant de représenter les degrés de tous les parallèles par des lignes égales, mais en augmentant successivement les lignes qui doivent représenter les degrés de la- G. MERCATOR, né en 1512, mort en 1594.

titude correspondans à chaque parallèle ; il n'indiqua point d'ailleurs la loi de cette augmentation ; ce qui était néanmoins l'article capital. Wright, célèbre navigateur anglais, la découvrit et la publia, en 1599, dans un ouvrage écrit en sa langue, et intitulé : *Certains errours in navigation detected and corrected.* Voici une idée générale de sa construction.

WRIGHT, né en 1560, mort en 1620.

Sur une ligne droite donnée, qui représente le développement de la circonférence de l'équateur, s'élève une suite de perpendiculaires, dont les directions parallèles marquent d'abord celles des méridiens ; les intervalles de ces perpendiculaires représentent les parties des cercles parallèles à l'équateur, parties que l'on suppose égales aux parties correspondantes de l'équateur. Ensuite, d'après le principe, que la circonférence d'un parallèle et celle du méridien, et par conséquent aussi les parties semblables de ces deux circonférences, sont entr'elles comme le cosinus de la latitude du parallèle et le sinus total, ou comme le sinus total et la sécante de latitude, Wright détermine, suivant cette loi, les longueurs des lignes qui doivent représenter sur la carte les degrés du parallèle et du méridien. Par exemple, à la latitude de 60 degrés, chaque partie du parallèle n'est que la moitié de la partie semblable du méridien, et par conséquent les deux lignes de représentation doivent

être dans ce rapport. Il en sera de même, proportion gardée, pour toutes les autres latitudes. En divisant, de l'équateur au pôle, le quart de circonférence en un grand nombre de parties égales, et faisant pour chaque partie de division, l'opération que je viens d'indiquer, on construira la carte avec d'autant plus d'exactitude qu'on aura plus multiplié le nombre des divisions. Cette méthode n'est, comme on voit, qu'une approximation; mais le principe en est exact, et on peut la pousser aussi loin qu'on voudra.

Le calcul intégral fournit une méthode générale et facile pour résoudre ce problème, quelle que soit la figure de la Terre. Dans l'hypothèse où elle est sphérique, comme ci-dessus, ce qui est ici suffisant, on trouve la proportion suivante, dans laquelle je prends pour rayon ou pour sinus total, le rayon du globe terrestre. *L'arc de latitude, divisé par le rayon, est au logarithme hyperbolique du quotient qu'on obtient en divisant, par le rayon, la somme de la tangente et de la sécante de latitude, comme la ligne qui représente l'arc du parallèle, semblable à l'arc de latitude, est à un quatrième terme, qui exprime l'arc de latitude.* Il y a plusieurs manières d'abréger ce calcul.

Les cartes réduites présentent aux yeux une dif-

formité qui n'a d'ailleurs aucun rapport à l'usage qu'on en fait : elles défigurent beaucoup les objets, surtout à mesure qu'on approche des pôles. Par exemple, l'île d'Islande y occupe un espace considérable, quoiqu'elle soit très-petite.

CHAPITRE VI.

Progrès de l'Optique *.

I.

Quelques écrivains qui n'ont jamais rien inventé, mais qui trouvent tout après coup dans les anciens, rapportent à cette source les principales découvertes des modernes dans l'optique et la construction des instrumens qui en dépendent. On veut bien croire qu'en cela ils parlent de bonne foi, et non par un sentiment semblable à cette base envie qui exalte toujours les morts aux dépens des vivans. Mais ici leurs efforts sont inutiles. On voit par le plus ancien livre qui existe sur l'optique, et que l'on attribue ordinairement à Euclide, que les anciens n'avaient, dans cette partie des mathématiques, que des notions générales et vagues, dont quelques-unes même étaient fausses. Par exemple, ils savaient que la lumière se propage en ligne droite,

* Sous le nom général d'optique, l'on comprend, comme on sait, l'optique proprement dite, ou la science de la lumière directe; la catoptrique ou la science de la lumière réfléchie; et la dioptrique ou la science de la lumière brisée.

lorsqu'elle ne rencontre aucun obstacle dans son chemin ; et qu'en tombant sur une surface plane bien polie, elle se réfléchit sous un angle égal à celui d'incidence : mais ils ignoraient la loi suivant laquelle un corps opaque est éclairé, selon qu'il est plus ou moins proche du corps lumineux ; ils se trompaient en faisant dépendre la grandeur apparente des objets uniquement de l'angle sous lequel ils sont vus ; ils se trompaient en disant que le lieu de l'image formée par des rayons réfléchis est placé à leur intersection avec la perpendiculaire menée de l'objet à la surface réfléchissante ; enfin, au temps même de Ptolemée, ils ne connaissaient que les phénomènes généraux de la réfraction de la lumière : ils ne se doutaient pas que lorsqu'un rayon passe d'un milieu dans un autre, il existe une dépendance réciproque, une loi constante, entre les deux directions de ce rayon. Il est certain que l'optique n'a commencé à prendre du mouvement et à former un véritable corps de science que vers le milieu du seizième siècle.

Un des premiers qui ait préparé ou imprimé ce mouvement est *Maurolic*, que j'ai déjà cité comme géomètre et analyste. Dans son ouvrage intitulé : *Photismi de lumine et umbrâ*, il fait plusieurs remarques curieuses sur la mesure et la comparaison des effets de la lumière, sur les différens degrés de clarté qu'un objet opaque reçoit du corps lumi-

neux, selon qu'il est plus ou moins éloigné, etc. Si Maurolic n'a pas toujours rencontré la vérité, il a donné du moins des indications qui ont dirigé ses successeurs, et leur ont épargné de fausses tentatives. Il a très-bien expliqué un phénomène fort connu, sur lequel les anciens, et en particulier Aristote, n'avaient débité que des rêveries; c'est que les rayons du soleil, passant par un petit trou de figure quelconque, par exemple, de figure triangulaire, vont toujours former sur un carton parallèle au trou, et un peu éloigné, un cercle lumineux. Maurolic observa d'abord que lorsque le carton est placé tout près de l'ouverture, cette ouverture doit s'y peindre sous une figure semblable à elle-même; mais qu'en éloignant le carton, la similitude disparaît peu à peu, et l'image finit par devenir circulaire. En effet, chaque point de l'ouverture pouvant être considéré comme le sommet commun de deux cônes opposés, dont l'un a pour base le soleil, l'autre un cercle lumineux jeté sur le carton par le croisement des rayons au sommet; il y a un nombre infini de ces cônes, puisque le nombre des points de l'ouverture est infini. Or, les cercles qui forment sur le carton les bases des cônes de la seconde espèce, se couvrent en partie les uns les autres, laissant vers la circonférence des échancrures qui vont toujours en diminuant, à mesure qu'on éloigne le carton du trou; de sorte

qu'enfin elles deviennent insensibles, et que le contour de l'image sur le carton paraît former une circonférence continue. Tout cela est conforme à l'expérience. On doit encore à Maurolic quelques remarques justes, quoique peu approfondies, sur la théorie de l'arc-en-ciel et sur celle de la vision.

II.

Porta, né en 1545, mort en 1615.

Quelques années après, Jean-Baptiste *Porta,* gentilhomme napolitain, imagina l'expérience de la *chambre obscure,* que tout le monde connaît; il rapporte, dans son livre intitulé : *Magia naturalis,* qu'ayant fait un petit trou au volet de la fenêtre d'une chambre d'ailleurs exactement fermée, et puis introduisant la lumière par cette ouverture, les objets extérieurs allaient se peindre sur la muraille opposée, avec leurs couleurs naturelles; il ajoute qu'en plaçant à l'ouverture une petite lentille de verre, les objets paraissaient distincts au point d'être reconnaissables au premier coup d'œil. De ces observations très-certaines, il n'y avait plus qu'un pas à faire pour arriver à l'explication du mécanisme de la vision. Porta ne le fit pas tout entier; il remarqua seulement qu'on pouvait regarder le fond de l'œil comme une chambre obscure, sans donner d'ailleurs aucun développement, aucune suite à cette idée vraie et heureuse, soit dans l'ou-

vrage cité, soit dans quelques autres sur la même matière.

III.

Képler acheva la solution du problème, dans son *Astronomiæ pars optica*. Par l'anatomie des parties de l'œil, il conclut qu'on pouvait regarder la prunelle de l'œil comme le trou de la chambre obscure, le cristallin comme la lentille convexe appliquée à ce trou, et la rétine comme le carton sur lequel les objets viennent se peindre. Mais ces considérations générales ne suffisaient pas encore : il fallait de plus suivre les rayons lumineux dans tous les détours qu'ils font avant d'arriver jusqu'à la rétine. Or, 1.° un rayon qui, partant d'un objet, vient frapper perpendiculairement la cornée, poursuit sa route en ligne droite, et va se peindre sur la rétine au fond de l'œil; 2.° les autres rayons, qui arrivent obliquement, éprouvent, en pénétrant l'humeur aqueuse, une réfraction qui commence à les faire converger; de là ils entrent par l'ouverture de la prunelle, et vont traverser le cristallin, dont la forme lenticulaire augmente leur convergence; du cristallin ils passent dans l'humeur vitrée : nouvelle réfraction, nouvelle convergence; enfin, après toutes ces réfractions, ils se réunissent en un même point de la rétine, où ils frappent le nerf optique, et par là excitent la sensation de la vi- An 1604.

sion. Képler débrouilla et fit connaître la route des rayons.

Une difficulté l'embarrassa long-temps; c'était de savoir pourquoi les objets se peignant au fond de l'œil dans une situation renversée, paraissent néanmoins dans leur position naturelle. Il en trouva des raisons plausibles. L'explication la plus naturelle qu'on en puisse donner, est que l'impression produite par le rayon émané d'un point de l'objet, doit être rapportée directement dans le sens opposé, et que par conséquent on doit voir en haut les parties supérieures, et en bas les parties inférieures. Il en est du rayon comme d'un bâton, qui, étant poussé suivant sa longueur, est repercuté dans le sens contraire.

IV.

DOMINIS, né en 1561, mort en 1625. La cause de l'arc-en-ciel, entrevue par Maurolic, Porta et Képler, fut mieux approfondie et développée par le fameux Marc Antoine *de Dominis,* archevêque de Spalatro en Dalmatie. On sait que ce phénomène ne se manifeste que lorsqu'il pleut, pendant que le soleil brille, et que de plus le spectateur se trouve dans une certaine position à l'égard du soleil et de la pluie. On avait comparé les gouttes de pluie à de petites sphères de verre, et on avait cru que ces sphères renvoyaient par la réflexion les rayons solaires vers l'œil du spectateur;

mais cela n'expliquait point les couleurs de l'arc-en-ciel, car les rayons de lumière ne se séparent les uns des autres que par la réfraction. Dominis employa tout à la fois la réflexion et la réfraction, et parvint à rendre assez exactement raison de l'arc-en-ciel intérieur; il fut moins heureux pour l'arc extérieur, ne connaissant pas la diverse réfrangibilité des rayons. Il expose ses idées sur ce sujet dans un ouvrage intitulé : *De radiis visûs et lucis*, publié en 1611. En lisant cet ouvrage, on reconnaît que l'auteur avait un vrai talent pour les sciences, et on regrette qu'il n'en ait pas fait sa seule étude. Quelques opinions théologiques un peu trop hardies, qu'il eut l'imprudence de mettre au jour, lui suscitèrent une persécution à laquelle il ne put échapper, qu'en se réfugiant en Angleterre, en l'année 1616. Sans adopter entièrement les principes de la réforme, il se rendit très-utile et très-agréable à Jacques 1.er, roi d'Angleterre, en combattant plusieurs prétentions des papes. C'est à lui qu'on doit la première édition de l'histoire du Concile de Trente, par *Fra Paolo*, qu'il fit imprimer à Londres en 1617. Bientôt après il publia son grand ouvrage *de la République ecclésiastique* : nouveau prétexte pour les ultramontains de le persécuter avec fureur; avertissement pour lui de se tenir sur ses gardes. Cependant, selon quelques historiens, les remords de sa conscience,

selon d'autres, les altercations d'intérêt qu'il eut avec les protestans, lui firent naître le dessein d'abandonner l'Angleterre et de retourner en Italie, où le pape Grégoire xv, qui estimait ses talens, lui promit qu'il trouverait toute sûreté, et même toutes sortes d'agrémens. Dans cette perspective, il commença par abjurer publiquement, dans une église de Londres, les opinions qui avaient choqué
An 1625. la cour de Rome. Cette démarche lui attira l'ordre de quitter l'Angleterre dans trois jours. Il se rendit à Rome, où il jouit de beaucoup de tranquillité pendant deux ans; mais cet esprit d'inquiétude qui l'agitait toujours, le rappela malheureusement encore à des disputes théologiques. Les inquisiteurs qui le surveillaient, saisirent l'occasion de le perdre; il fut enfermé, par ordre du pape Urbain VIII, dans les prisons du château Saint-Ange, où il mourut de poison au bout de quelques jours, selon l'opinion commune. L'inquisition fit brûler son corps avec ses écrits.

V.

Premiere lunette astronomique.

Le télescope, appelé ordinairement *lunette de Hollande* (ou *lunette de Galilée,* à cause du grand usage que Galilée en a fait), fut inventé vers le commencement du dix-septième siècle. Il est composé d'un objectif convexe et d'un oculaire concave, placé entre l'objectif et son foyer, de

sorte que les axes des deux verres tombent sur une même ligne, et que leurs foyers concourent en un même point. Les rayons que l'objectif tend à réunir deviennent parallèles au sortir de l'oculaire et forment au foyer commun une image sensible qui représente l'objet dans sa position naturelle. Les astronomes ont fait usage, pendant plus de trente ans, de ces sortes de lunettes; mais, comme elles ont un champ fort petit, et que toutes choses d'ailleurs égales, elles donnent d'autant moins de clarté que le tuyau est plus long, on les a abandonnées, pour la lunette actuellement en usage, dont le principe se trouve dans l'*Optique* de Képler, imprimé en 1611. Cette lunette a un objectif convexe, et pour oculaire une lentille convexe d'un côté ou des deux côtés, placée de telle manière que son foyer concourt avec celui de l'objectif, et que le foyer commun tombe entre les deux verres : elle fait voir les objets dans une situation renversée, ce qui est indifférent pour les astronomes, et ce qui a l'avantage de fournir un champ un peu étendu et de permettre de longs tuyaux.

Télescope astronomique.

Il y a une troisième espèce de télescope, dont on se sert pour observer les objets terrestres : ce n'est autre chose que le précédent, auquel on ajoute deux autres verres pour redresser les objets : on en fait usage pour les observations terrestres.

Télescope terrestre, ou lunette ordinaire.

Inventeur du télescope.

On ne connaît pas d'une manière bien certaine l'inventeur du premier télescope, qui a fait naître tous les autres. L'opinion de Descartes, comme on le verra par un passage de sa *Dioptrique*, que je rapporterai ci-dessous, est que son inventeur est un nommé *Jacques Métius*, de la ville d'Alcmaer en Hollande, et il place cette découverte vers l'année 1607. D'autres racontent que les enfans d'un lunetier de Middelbourg, en Zélande, en s'amusant dans la boutique de leur père, remarquèrent que lorsqu'ils mettaient l'un devant l'autre deux verres de lunettes, et qu'ils regardaient au travers le coq d'un clocher voisin, ils le voyaient plus gros que de coutume; que le père, frappé de cette singularité, s'avisa d'ajuster deux verres sur une planche, en les fixant d'abord à l'aide de deux cercles de laiton, qu'on pouvait approcher ou éloigner à volonté; et qu'avec ce secours on voyait mieux et plus loin : qu'ensuite on vint par degrés à placer les verres dans un tuyau et à former le télescope, etc. Il y a encore d'autres opinions sur l'origine du télescope; je ne les rapporterai point; je me contenterai d'observer que le témoignage d'un homme tel que Descartes, en faveur de Jacques Métius, doit être du plus grand poids. La prétention des Italiens, qui ont cherché à attribuer la première invention du télescope à Galilée, n'est pas soutenable : car Galilée raconte lui-même qu'étant

à Venise, lorsque le premier bruit de cette découverte s'y répandit, il attendait des lettres de Paris pour s'assurer des merveilles que la renommée en débitait, et qu'après en avoir reçu la confirmation, il chercha, par les lois de la réfraction, la composition de cet instrument, et qu'il la trouva. En possession du principe, il parvint par degrés à former un télescope qui grossissait les objets environ trente fois en diamètre, et avec lequel il découvrit les satellites de Jupiter, les taches du soleil, etc. Il a donc simplement deviné le mécanisme du télescope, sur la description qu'on lui envoya de ses effets : cette part à la découverte est assez brillante pour qu'on ne doive pas chercher à l'exagérer.

VI.

Le microscope est un instrument de même nature et fondé sur la même théorie que le télescope. Il y a plusieurs espèces de microscopes : la plus simple de toutes est une lentille convexe d'un ou deux côtés, et qu'on appelle en général une *loupe*. En la plaçant de manière que son foyer tombe sur le point que l'on veut considérer, les rayons qui sortent parallèles de la lentille forment une image vive de l'objet. Quelquefois, au lieu d'une loupe, on emploie une petite sphère de verre, qu'on forme facilement en faisant fondre un petit morceau Microscope.

de verre à la flamme d'une mèche imbibée d'esprit-de-vin pour éviter la fumée qui, se mêlant avec le verre en fusion, rend les globules opaques. On peut encore faire un microscope avec une boule de verre pleine d'eau. La seconde espèce de microscope est fort semblable au télescope astronomique; elle est composée de deux lentilles convexes; celle qui forme l'objectif est d'un foyer fort court; on place l'objet un peu au-delà de ce foyer, afin d'éloigner son image et de la grossir à proportion; ensuite on place le foyer d'un oculaire dans l'endroit où est cette image, afin de la voir distinctement. Quelquefois, dans cette même espèce de microscope, on met un oculaire à peu près au milieu, entre l'objectif et l'image, pour que cette image se forme beaucoup plus proche de l'objectif, et que par conséquent le tuyau du microscope devienne plus court: on agrandit même par ce moyen le champ du microscope. Enfin, on construit aussi des microscopes catadioptriques. Voyez sur cette matière l'Optique de Smith, les Leçons d'Optique de La Caille, la Dioptrique d'Euler, etc.

On croit communément que *Corneille Drebbel* est l'inventeur du microscope, et que les premiers microscopes ont paru vers l'an 1618 ou 1620. Il y a eu cependant à ce sujet des disputes que je ne rapporterai pas ici. Quelques écrivains ont fort

ravalé Drebbel : la vérité est qu'il avait reçu une excellente éducation à Alcmaer, sa patrie, et qu'il était très-versé dans toutes les connaissances physiques de son temps.

VII.

Lois de la réfraction de la lumière.

Toutes les découvertes d'optique que j'ai rapportées jusqu'ici ont été faites avant que l'on connût, au moins distinctement, les lois de la réfraction de la lumière. Cette connaissance a fait changer de face à l'optique, et lui a donné une place considérable dans la classe des sciences physico-mathématiques.

En plongeant obliquement dans l'eau une partie d'un bâton droit, on voyait que le bâton paraissait se briser à la surface de l'eau, et que la partie plongée semble s'approcher de la ligne verticale, menée par le point d'entrée. On avait même reconnu en général qu'un rayon lumineux, passant obliquement d'un milieu dans un autre plus dense, s'approchait de la perpendiculaire à la surface de séparation; et qu'au contraire, en passant du milieu dense dans le milieu rare, il s'éloignait de cette perpendiculaire. Mais ces notions vagues ne suffisaient pas : il fallait découvrir si, en faisant varier l'obliquité du rayon incident, il n'existait pas une certaine dépendance régulière et réciproque entre les angles que le rayon incident et le rayon

rompu forment avec la perpendiculaire. L'opinion générale des savans est que Snellius a reconnu le premier que ces angles étaient en effet liés entr'eux, et que cette liaison était indépendante de l'angle d'obliquité du rayon incident. Il observa que si l'on fait tomber un rayon solaire obliquement à la ligne horizontale qui sépare deux milieux contigus, le rayon, en passant d'un milieu dans l'autre, se brise de telle manière que, si l'on mène par le point d'entrée une ligne verticale, et à une certaine distance arbitraire une autre ligne verticale, il existe toujours le même rapport entre la portion du rayon incident prolongé, comprise entre le point d'entrée et la seconde verticale, et la portion du rayon rompu, comprise entre les mêmes limites, quel que soit l'angle que le rayon incident fasse avec la verticale. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'en changeant les milieux ou l'un seulement, le rapport devient différent. Toutes les observations ont confirmé cette loi, et elle est le fondement de toute la dioptrique.

On voit que, suivant cette expérience de Snellius, les cosécantes des angles d'incidence et de réfraction demeurent toujours en raison constante; et comme d'un autre côté les cosécantes de deux angles quelconques sont réciproquement proportionnelles aux sinus, il s'ensuit que le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de ré-

fraction sont aussi en raison constante ; mais Snellius ne tira pas cette conséquence, et les sinus n'ont commencé à paraître que dans la Dioptrique de Descartes.

VIII.

Dioptrique de Descartes.

Cet ouvrage, plein de génie, parut en 1637. Descartes, profond géomètre, applique la loi de la réfraction, dont je viens de parler, à divers effets, et principalement à la construction des télescopes astronomiques. Il commence par quelques remarques philosophiques et historiques, qui, quoique un peu longues, seront sans doute lues ici avec plaisir, tant pour leur utilité, que parce qu'elles pourront donner quelqu'idée du style de Descartes dans un temps où la langue française n'était pas encore bien fixée. « Toute la conduite de notre » vie, dit-il, dépend de nos sens, entre lesquels » celui de la vue étant le plus universel et le plus » noble, il n'y a point de doute que les inventions » qui servent à augmenter sa puissance, ne soient » les plus utiles qui puissent être : et il est malaisé » d'en trouver aucune qui l'augmente davantage » que celle de ces merveilleuses lunettes, qui n'é- » tant en usage que depuis peu, nous ont déjà dé- » couvert de nouveaux astres dans le ciel, et d'au- » tres nouveaux objets sur la terre, en plus grand » nombre que ne sont ceux que nous y avions vus

» auparavant; en sorte que portant notre vue beau-
» coup plus loin que n'avait coutume d'aller l'ima-
» gination de nos pères, elles semblent nous avoir
» ouvert le chemin pour parvenir à une connais-
» sance de la nature beaucoup plus grande et plus
» parfaite qu'ils ne l'ont eue; mais, à la honte de
» nos sciences, cette invention si utile et si admira-
» ble n'a premièrement été trouvée que par l'ex-
» périence et la fortune. Il y a environ trente ans
» qu'un nommé Jacques Métius, de la ville d'Alc-
» maer en Hollande, homme qui n'avait jamais
» étudié, bien qu'il eût un père et un frère qui
» ont fait profession des mathématiques, mais qui
» prenait particulièrement plaisir à faire des mi-
» roirs et des verres brûlans, en composant même
» l'hiver avec de la glace, ainsi que l'expérience a
» montré qu'on en peut faire; ayant à cette occa-
» sion plusieurs verres de diverses formes, s'avisa,
» par bonheur, de regarder au travers de deux, dont
» l'un était un peu plus épais au milieu qu'aux
» extrémités, et l'autre, au contraire, beaucoup
» plus épais aux extrémités qu'au milieu, et il les
» appliqua si heureusement aux deux bouts d'un
» tuyau, que la première des lunettes dont nous
» parlons, en fut composée; et c'est seulement sur
» ce patron que toutes les autres qu'on a vues de-
» puis ont été faites, sans que personne encore,
» que je sache, ait suffisamment déterminé les fi-

» gures que ces verres doivent avoir. » On voit par la fin de ce passage l'objet principal que Descartes s'est proposé ; mais il n'y vient pas tout d'un coup. Il le fait précéder par diverses considérations sur la nature de la lumière, les réfractions, la structure de l'œil, les sens en général, les images qui se forment dans le fond de l'œil, la vision et les moyens de la perfectionner. Je ne le suivrai pas dans tous ces détails, qui contiennent des choses vraies et utiles, mais où il s'en trouve aussi d'autres absolument fausses ou très-douteuses. Par exemple, ses remarques sur la lumière le mènent à conclure que ce fluide se propage en un instant indivisible; ce qui est détruit par l'observation de Roemer, que j'ai rapportée. Son grand principe d'expliquer par un même mécanisme tous les effets qui paraissent de la même nature, le jette dans un étrange embarras, quand il veut comparer la réfraction de la lumière avec celle des corps solides. Une balle de mousquet qui va frapper obliquement la surface d'une eau tranquille, s'y enfonce en s'éloignant de la verticale, tandis qu'au contraire, en pareille circonstance, le rayon de lumière s'en approche. Comment concilier ces deux effets opposés ? Descartes observe très-bien, à l'égard du premier, que l'eau ayant plus de densité que l'air, doit opposer plus de résistance à la balle, et l'écarter de la verticale ; mais pour conserver l'identité d'explication, il est obligé de dire

que le rayon lumineux trouve moins de difficultés à traverser un milieu dense qu'un milieu rare : étrange paradoxe, que néanmoins de nombreux disciples, trop dociles, ont cherché à étayer de raisonnemens spécieux. Heureusement Descartes n'avait pas besoin de connaître la cause de la réfraction de la lumière, pour arriver à son but, qui était de déterminer la figure des verres dioptriques ; le fait seul était suffisant.

Supposons donc avec lui que le sinus d'incidence et le sinus de réfraction sont entr'eux en raison constante *donnée ;* et que les rayons du soleil, regardés comme parallèles, viennent pénétrer un verre réfringent formé par la révolution d'une courbe autour d'un axe qui leur est parallèle : la question est de conférer à cette courbe la propriété de réunir tous les rayons en un même point donné sur l'axe. Or, Descartes trouve que la courbe demandée est une ellipse dans laquelle le point de réunion des rayons est le foyer le plus éloigné du soleil ; et le grand axe est à la distance des deux foyers comme le sinus de l'angle d'incidence est au sinus de l'angle de réfraction. D'où suit un moyen facile de décrire l'ellipse et de former la masse du verre réfringent : l'auteur fait plusieurs belles applications de ce problème. Il en résout un autre qui le mène à la proposition suivante, non moins curieuse : si l'on construit un conoïde

hyperbolique de verre, de telle sorte que le rayon lumineux, étant supposé passer du verre dans l'air, l'axe principal de l'hyperbole génératrice soit à la distance de ses deux foyers, comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction; et qu'ensuite on fasse tomber les rayons solaires perpendiculairement à la base circulaire du conoïde, ces rayons, après avoir pénétré le verre, iront se réunir dans l'air au foyer de l'hyperbole opposée : nouvelles applications intéressantes.

Les problèmes précédens supposent que les rayons solaires sont parallèles, où que le soleil est placé à une distance comme infinie de la terre; mais lorsqu'on veut donner une étendue un peu grande au verre réfringent, cette supposition n'est pas assez conforme à la vérité, puisque le disque apparent du soleil forme au fond de l'œil un angle d'environ trente-deux minutes. Descartes sentit lui-même ce défaut; et, voulant y remédier, il détermina, dans sa *Géométrie*, qui parut peu de temps après sa Dioptrique, les courbures qu'il fallait donner aux verres réfringens, en supposant que le soleil est placé à une distance *finie* et donnée de la terre, que ses rayons viennent pénétrer plus ou moins obliquement le verre dioptrique, et qu'ils doivent aller se réunir à un point donné sur l'axe comme dans le premier cas : alors résultent de nouvelles courbes génératrices, qu'on ap-

pelle ordinairement les *ovales de Descartes.* La construction qu'il en donne est un peu embrouillée, et les commentateurs ont pris de bien longs détours pour la faire comprendre; mais il n'est pas difficile de reconnaître que si des deux extrémités d'un élément quelconque de l'une des courbes en question, on mène deux lignes droites au soleil, et deux lignes droites correspondantes au foyer de réunion, la différence des deux premières lignes est à la différence des deux autres comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction. Alors, au moyen de cette propriété fondamentale on trouve sans peine les équations de toutes ces courbes. Elles sont en général du quatrième ordre; et on retombe sur l'ellipse ou sur l'hyperbole lorsqu'on suppose le soleil placé à une distance infinie; ou en d'autres termes, lorsque les rayons solaires sont parallèles.

Toute cette théorie est très-ingénieuse, et elle était alors entièrement nouvelle; mais on n'a pu employer les ovales dans la pratique, non-seulement par la difficulté de l'exécution, mais parce qu'elles ne remédieraient qu'à l'aberration résultante de la convergence des rayons, et non à l'aberration qui provient de leur diverse réfrangibilité, absolument inconnue à Descartes. On ne fait non plus aucun usage des verres elliptiques ou hyperboliques: on se borne aux verres sphériques, en

leur donnant peu d'ouverture, afin d'éviter la multiplicité des foyers, inconvénient plus que compensé par la facilité et l'exactitude de la construction.

Descartes a tiré de sa théorie plusieurs objections contre les miroirs d'Archimède : je renvoie l'examen de ses raisons à la quatrième période, où les opinions sur ce problème ont été enfin fixées, du moins parmi les physiciens géomètres.

On a reproché à notre philosophe d'avoir emprunté de Snellius, sans lui en faire honneur, la proposition fondamentale de sa *Dioptrique*, le rapport constant du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction. Il était en effet en Hollande peu de temps après la mort de Snellius, et on croit qu'il eut connaisance de ses manuscrits, où se trouve, sous une autre forme, la proposition dont il s'agit. Et ce qui donne du poids à cette réclamation, c'est que la dépendance réciproque des deux angles d'incidence et de réfraction, n'a pu se découvrir que par l'expérience, voie que Snellius a employée; au lieu que Descartes, qui ne consultait guère l'expérience, n'indique point la source d'où il a tiré son principe. Mais si le géomètre français peut être accusé d'injustice en cette occasion, il faut avouer, d'un autre côté, que son énoncé est bien plus commode pour le calcul que celui du géomètre batave; et on sait que

Op. Hug. tom. IV, pag. 3.

ces sortes d'avantages ont souvent produit de belles découvertes. La Dioptrique de Descartes, elle-même, en fournit plusieurs exemples.

On blâme encore Descartes de ce qu'ayant expliqué la nature de la vision comme Képler, et l'arc-en-ciel comme Antonio de Dominis, il n'a cité ni l'un ni l'autre : il a tort envers Képler ; il peut être excusé envers Antonio de Dominis, dont il a perfectionné la théorie.

IX.

Principe d'optique de Fermat.

Fermat attaqua, dans le temps, la Dioptrique de Descartes par l'endroit faible, le système de l'auteur sur la cause de la réfraction; mais réussit-il mieux lui-même à rendre raison de ce phénomène ? Les anciens avaient supposé qu'un rayon de lumière, mu toujours dans un même milieu, étant obligé de frapper un plan poli et inébranlable, pour aller d'un point donné à un autre point donné, se réfléchissait sous un angle égal à celui d'incidence, ce qui rendait le chemin total un *minimum*. Fermat pensa que pour la réfraction, le rayon, passant d'un milieu dans un autre, devait parcourir le chemin total dans un *minimum* de temps : par là, il trouva qu'en effet, d'un milieu rare à un milieu dense, le rayon devait s'approcher de la perpendiculaire, et que les sinus d'incidence et de réfraction étaient en raison constante. Mais

les physiciens, peu contens de ce détour qu'ils regardaient comme un simple jeu de géométrie, demandaient pourquoi Fermat faisait dépendre la réflexion et la réfraction de la lumière de principes différens.

X.

Nouvelles propriétés de la lumière.

La Dioptrique des Descartes avait tourné les vues et les recherches de plusieurs savans vers cette matière si intéressante en elle-même et si utile pour la perfection des instrumens astronomiques. On découvrait de nouvelles propriétés de la lumière; on écrivait des ouvrages qui tendaient à simplifier et à étendre les théories déjà connues.

Diffraction ou inflexion de la lumière.

Un phénomène remarquable est celui de la *diffraction* ou *inflexion* de la lumière, c'est-à-dire ce mouvement par lequel un rayon passant tout auprès d'un corps opaque change de direction et amplifie l'image. En effet, si vous introduisez un rayon de lumière par un petit trou dans une chambre obscure, vous verrez qu'en exposant à la lumière quelques corps minces, tels qu'un cheveu, une épingle, une paille, etc., les ombres de tous ces corps sont considérablement plus larges qu'elles ne devraient être, si les rayons qui passent par les extrémités suivaient leurs premières directions rectilignes; vous verrez de plus que ces ombres sont bordées de trois bandes ou franges de lumière parallè-

les entr'elles, et qu'en agrandissant le trou, les franges se dilatent et se mêlent ensemble, de sorte qu'on ne saurait les distinguer. Grimaldi, dont nous avons déjà parlé, est le premier qui ait observé ce phénomène, ainsi que la dilatation du faisceau des rayons solaires par le prisme, comme on peut le voir dans son ouvrage intitulé : *Physico-Mathesis de lumine*, etc. Long-temps après, Newton traita cette matière à fond dans son *Optique*, et la débarrassa de quelques mauvaises explications physiques que Grimaldi y avait introduites.

KIRCHER, né en 1602, mort en 1680.

On cite avec éloge, parmi ces premiers opticiens, le P. Kircher, jésuite, homme d'un savoir très-étendu en divers genres : on lui attribue en particulier l'invention de la *lanterne magique*.

XI.

J. GREGORI, né en 16. . mort en 1675.

Jacques Gregori contribua au progrès de l'optique par son ouvrage *Optica promota* (1663), qui contient diverses propositions curieuses sur la théorie de l'optique, et des vues pour perfectionner les instrumens qui dépendent de cette science.

Télescope grégorien.

Il est principalement connu comme opticien, par son *télescope catadioptrique*. Ce télescope fait voir directement les objets par la combinaison de deux miroirs concaves, opposés l'un à l'autre, et d'un oculaire dioptrique. Le grand miroir, celui du fond, est percé à son centre d'une ouverture à

laquelle on adapte l'oculaire ou un système d'oculaires ; la couronne restante reçoit immédiatement la lumière et la renvoie au second miroir, qui la réfléchit à son tour vers l'oculaire. Quoique ce mécanisme soit fort ingénieux, on conçoit facilement qu'il est sujet à quelques inconvéniens graves ; 1.° la partie concave du grand miroir, celle dont la courbure est la plus facile à former exactement, ne reçoit point de lumière ; toute la réflexion se fait par l'espace annulaire, où les défauts inévitables de construction sont les plus sensibles ; 2.° il est très-difficile de placer bien exactement les axes des deux miroirs sur une seule et même ligne droite : condition qui est néanmoins absolument essentielle ; 3.° ces sortes d'instrumens sont très-coûteux et très-sujets à se déranger.

XII.

En 1672, Neuton proposa, dans les *Transactions philosophiques*, un autre télescope plus simple. Ici la lumière va d'abord frapper un miroir concave, bien poli, qui forme le fond du tube ; elle est refléchie par un miroir plan posé obliquement vers le milieu du tube, d'où elle est renvoyée à l'oculaire adapté de l'autre côté à une monture latérale. Par cette disposition, les objets ne sont pas vus directement, ce qui pourrait donner lieu à de longs tâtonnemens pour trouver l'objet qu'on Télescope Neutonien.

veut observer; mais on remédie à cet inconvénient par le moyen d'une lunette latérale appelée *chercheur*, qui prépare l'opération.

Ces deux espèces primordiales de télescopes en ont fait naître une foule d'autres, qui en sont des perfectionnemens, et qui sont fondées sur de nouvelles combinaisons de la réflexion et de la réfraction. Je n'entrerai pas dans un détail étranger à mon sujet; je me contenterai d'ajouter que les télescopes catadioptriques étant susceptibles de grandes dimensions, et par conséquent de recevoir une grande quantité de lumière, sont très-propres à faire découvrir des objets très-éloignés, de nouvelles étoiles, de nouvelles planètes, etc. Mais leurs poids, la difficulté de les manœuvrer et les prix qu'ils coûtent, ne permettent pas d'en faire usage dans l'astronomie courante. On y emploie donc les lunettes dioptriques, et on est parvenu à leur donner une grande perfection, comme on le verra dans la suite.

XIII.

Autres ouvrages sur l'optique.

Nous avons à peu près du même temps plusieurs beaux ouvrages sur la théorie de l'optique. Les *Leçons d'optique* de Barrow, qui parurent en 1667, contiennent des propositions remarquables, présentées et démontrées de la manière la plus simple et la plus méthodique. Cet avantage carac-

térise surtout les formules générales qu'elles donnent pour déterminer les dimensions de certains verres dioptiques.

En 1678, Huguens communiqua à l'académie des sciences, dont il était membre, un Traité de la lumière, imprimé seulement en 1690. Il s'y est proposé d'expliquer géométriquement les lois du mouvement de la lumière, soit en ligne droite, soit par réflexion, soit par réfraction.

Huguens avait encore composé en divers temps plusieurs autres ouvrages relatifs à l'optique, et qui n'ont paru qu'après sa mort. De ce nombre est sa Dissertation sur les *couronnes*, les *parhélies* et les *parasélènes*, dont je vais dire un mot.

Couronnes, Parhélies, Parasélènes.

On sait que les couronnes sont des anneaux circulaires de lumière, que l'on voit quelquefois pendant le jour autour du soleil, et pendant la nuit autour de la lune; que les parhélies sont de faux soleils, ou des soleils apparens autour du véritable, et que de même les parasélènes sont de fausses lunes. Ces phénomènes ont été aperçus dans tous les temps; mais on a commencé, seulement il y a environ quatre-vingts ans, à les observer avec exactitude: car Aristote, et Cardan qui vivait dix-huit siècles plus tard, avancent qu'on ne voit jamais plus de deux parhélies ensemble, tandis que réellement, en y apportant l'attention nécessaire, on en remarque souvent un plus grand nombre. Par exem-

ple, on vit cinq soleils à Rome le 29 mars 1629 ; sept à Dantzick le 20 février 1661 ; etc. Or, est-il possible, dit Huguens, qu'il ait paru, en un si petit nombre d'années, six ou sept parhélies composés chacun de plus de deux soleils, et que le même phénomène n'eût jamais paru dans les temps antérieurs ? Sans doute on ne regardait autrefois comme de vrais parhélies, que les deux parhélies latéraux, qui sont en effet les plus considérables, et on ne faisait pas attention aux autres, comme plus faibles et plus languissans. Descartes entreprit d'expliquer toutes ces apparences; mais son explication était un peu vague et même fausse à certains égards. Huguens la rectifia, et par une application exacte des principes de la catoptrique et de la dioptrique mieux connus, il rendit parfaitement raison de toutes les circonstances des parhélies. La théorie est la même pour les parasélènes.

Act. Lips. 1682. Enfin, je trouve dans cette même troisième période un écrit remarquable de Leibnitz, intitulé : *Unicum opticæ, catoptricæ et dioptricæ principium,* et dont l'objet est d'expliquer par un seul et même principe les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière. La supposition sur laquelle est appuyé ce principe unique, est qu'un rayon de lumière allant d'un point donné à un autre point donné, ou directement, ou par réflexion, ou par réfraction, doit, dans tous les cas, suivre

le chemin le plus facile. Reste à déterminer cette *facilité de chemin* dans les trois cas proposés.

Lorsque le mouvement est direct, ou se fait dans le même milieu, il est évident que le chemin le plus facile est le chemin le plus court, ou la simple ligne droite menée d'un point à l'autre. Dans le mouvement réfléchi, le chemin le plus facile est encore le chemin le plus court, ou la somme des deux lignes menées du point de réflexion aux deux points donnés; d'où il résulte que l'angle de réflexion doit être égal à l'angle d'incidence. Enfin, dans le mouvement réfracté, où les deux parties du chemin ne sont pas uniformes, la facilité de chaque partie est d'autant plus grande que le produit de l'espace parcouru, multiplié par la résistance du milieu, est plus petit; et par conséquent la facilité du chemin total est comme la somme des produits des résistances des deux milieux par les chemins parcourus. D'où, en égalant cette somme à un *minimum*, on trouve que les sinus de réflexion et de réfraction sont dans un rapport constant, qui est le rapport inverse des résistances des deux milieux. On voit que ce troisième cas renferme les deux autres, en supposant pour cela que les densités des deux milieux deviennent égales. Toute cette théorie est assurément très-belle. Cependant comme elle est fondée, ainsi que celle de Fermat, sur la métaphysique des cau-

ses finales, il faut avouer qu'une solution directe vaut encore mieux. Le système de l'attraction, ou plutôt la loi de la gravitation universelle, démontrée par tous les phénomènes, donne cette solution de la manière la plus précise, la plus satisfaisante, et absolument à l'abri de toute difficulté.

XIV.

Avant de quitter l'optique, il nous reste encore à parler un peu de la perspective, qui s'y rapporte, du moins en partie. On ne peut pas douter, comme je l'ai remarqué, que les anciens n'aient connu la perspective linéaire, et même la perspective aérienne. Mais il paraît qu'on n'a commencé à réduire

Perspective aérienne.

en corps de doctrine les préceptes de la perspective et l'ensemble de ses parties que dans le seizième siècle. On cite un très-grand nombre d'auteurs qui ont publié des ouvrages sur ce sujet. Tels sont entr'autres, en Italie, *Lucas de Borgo*, *Jean-Baptiste Alberti;* en Allemagne, Albert *Durer;* en France, Jean *Cousin*, etc. La plupart de leurs ouvrages sont médiocres. On doit distinguer de la

Ubaldi, né en 1553, mort en 1617.

foule *Guido Ubaldi*, qui donna, en 1600, un très-bon Traité de perspective, conformément aux principes généraux et certains de la géométrie et de l'optique.

FIN DE LA TROISIÈME PÉRIODE.

TABLE

DES CHAPITRES

CONTENUS DANS LE PREMIER VOLUME.

PÉRIODE PREMIÈRE,

PÉRIODE SECONDE.

PÉRIODE TROISIÈME.

FIN DU TOME PREMIER.

ERRATA.

Pag. 145, lig. 11, *après les mots* poëme latin *ajoutez* de Manilius,
Pag. 346, lig. 7, dans le quinzième siècle *lisez* en 1473.

